

APORTE DEL ANÁLISIS TEXTURAL POR POROSIMETRÍA DE MERCURIO A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CERÁMICA ORDINARIA DEL SITIO EL MOLINO (DPTO. DE BELÉN, CATAMARCA).

María Emilia Iucci¹, Cristina Volzone², Martín Morosi² y Nora Zagorodny³

¹ CONICET - Laboratorio de Análisis Cerámico, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina. ² Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC. CONICET/CIC), La Plata, Argentina. ³ Laboratorio de Análisis Cerámico, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Argentina. emiliaiucci@yahoo.com.ar, volzcris@netverk.com.ar, mmorosi@cetmic.unlp.edu.ar, nzagorodny@hotmail.com

Resumen

Se presenta una caracterización de la cerámica ordinaria de El Molino, un sitio tardío del Valle de Hualfín (Depto. de Belén, Prov. de Catamarca), a partir del análisis textural por porosimetría de mercurio y su vinculación con la caracterización macroscópica de los recipientes y la petrográfica de las pastas. La petrografía muestra composicionalmente elementos ya observados en pastas Belén y Santa María, que a su vez se corresponden con la geología de la zona, y se diferencia de ellas en la particular abundancia del tiesto molido. Texturalmente presenta variaciones internas y con los grupos finos mencionados. La porosidad, determinada por porosimetría de mercurio, se presenta entre aproximadamente el 30 y el 40% en distintos rangos de tamaños, comparables a lo observado para muestras de Campo de Carrizal, un sitio aledaño de características rurales. Estos resultados contribuyen a la adecuación de la cerámica ordinaria en tanto contenedores de uso doméstico.

Palabras clave: cerámica ordinaria, análisis petrográfico, porosimetría de mercurio

Un campo importante dentro de los estudios cerámicos es el que se centra en el análisis de las propiedades físicas, mecánicas y térmicas que influyen el uso de las vasijas como contenedores para funciones domésticas, como por ejemplo su capacidad para contener líquidos, soportar cargas, sobrevivir a repentinos calentamientos o enfriamientos, y resistir impactos. Siguiendo el estudio de Rice [1], entre las características de interés para inferir estas adecuaciones de las vasijas al uso se encuentran la dureza, la resistencia, las propiedades térmicas y la microestructura, (composición, textura, estructura y características de la superficie); las cuales afectan la durabilidad y capacidad de servicio de la vajilla tanto en el almacenamiento como en el procesado y el transporte.

Los estudios recientes sobre cerámica tardía del

Valle de Hualfín se centraron en el abordaje de la tecnología de manufactura, la caracterización petrográfica, la morfometría y el análisis decorativo de la cerámica Belén [2,3]. La cerámica ordinaria que la acompaña ha sido descrita para uno de los sitios, Loma de los Antiguos [2], y se han establecido hipótesis sobre aspectos ligados al uso en cerámica de la zona de Puerta de Corral Quemado [4].

En este trabajo caracterizamos la cerámica ordinaria de El Molino (Puerta de Corral Quemado, Dpto. de Belén, Catamarca), un sitio emplazado sobre una lomada y ocupado durante los últimos momentos de la historia prehispánica. Para ello tomamos las características macroscópicas, el análisis petrográfico de las pastas y la porosidad mediante intrusión de mercurio, con la intención de indagar en la adecuación de estas piezas a su uso como

contenedores domésticos. En el caso del análisis de porosidad, comparamos los resultados con cerámica ordinaria de Campo de Carrizal, un sitio contemporáneo de carácter rural [5] distante unos 15 km. al S.O. de El Molino, en función de comparar modos comunes de fabricar esta clase de cerámica.

Técnicas de análisis y conformación de la muestra

La cerámica ordinaria de las estructuras analizadas de El Molino se compone de 602 y 291 fragmentos hallados en las Habitaciones 98 y 68 respectivamente, y representan el 74 y 76 % de los fragmentos cerámicos totales, que incluyen además fragmentos Belén y Santa María. Ante el alto grado de fragmentación presente y las escasas piezas enteras halladas en la colección de referencia¹, los materiales fueron ordenados para favorecer la posibilidad de interpretarlos no como unidades aisladas, sino como partes constitutivas de una pieza entera. Así, se agrupó a los tiestos por atributos observables a ojo desnudo, teniendo en cuenta color, textura, atmósfera de cocción, grosor, curvatura, acabado de superficie, presencia de decoración y hollín.

Una vez agrupados y, en los casos posibles, remontados, se seleccionaron fragmentos de cada conjunto para la realización de cortes delgados para análisis petrográfico. Con ello obtuvimos una muestra (n=33) de materiales a ser analizados petrográficamente que presenta mayor información sobre las características de las piezas que si se hubieran elegido tiestos aislados al azar. Asimismo, se buscó que la muestra represente tanto lo recurrente en cuanto a los atributos seleccionados dentro del grupo cerámico, como lo singular.

El análisis petrográfico se realizó, en esta primera instancia, desde el punto de vista cualitativo, para obtener un panorama general del tipo de inclusiones presentes en el conjunto, y una semi-cuantificación considerando cantidades relativas de cada tipo de inclusión hallado, en términos de abundante (> a 5), escaso (entre 1 y 5) y no observado.

Para el estudio de la porosidad, tuvimos en cuenta su definición como la proporción del volumen de poros con respecto al volumen total del cuerpo de un material. La medida directa del volumen de porosidad se restringe a la porosidad aparente (o

¹ Se analizaron vasijas de la Colección Muñiz Barreto del Museo de La Plata [6].

absorción) más que a la porosidad total, ya que los métodos de absorción no tienen acceso a los poros cerrados o sellados. Además, en función de los distintos procesos que afectan a lo largo del tiempo la integridad de la cerámica, este análisis evalúa en realidad no la porosidad total ni la aparente, sino la porosidad residual o estimada, la cual puede o no haber sido la característica de la vasija en el momento de su uso [1].

La porosimetría por intrusión de mercurio se aplicó en 7 muestras de El Molino, analizadas también por petrografía, y en 7 de Campo de Carrizal. Esta técnica permite caracterizar el tamaño y volumen de los poros abiertos de sólidos porosos, haciendo ingresar mercurio a los poros aplicando una presión externa. Teniendo en cuenta que para hacer ingresar el mercurio a los poros más pequeños se requiere una mayor presión, para cada presión aplicada se obtiene un volumen de mercurio ingresante. Con el valor de la presión se obtiene el tamaño de poro mediante la Ecuación de Washburn². La distribución de tamaños puede obtenerse graficando los valores de volumen de poros en función del tamaño. El radio mínimo de poro que puede ser medido por medio del equipo utilizado (Porosimeter 2000 Carlo Erba) es de 37 Å.

Resultados

Características macroscópicas de la cerámica analizada

Como se ha expuesto en otra parte [4], macroscópicamente los recipientes representados en ambos recintos son de forma continua, compleja y restringida, en su mayoría con bases elevadas, ya sea en forma de pie de compotera, pedestal o patas, y en un solo caso base simple cóncavo-convexa. Las paredes de los distintos grupos presentan espesores variables (entre 0,8 y 1,3 cm. en el cuerpo) y uniformes, sin diferencias importantes de grosor debido a problemas de manufactura, y sin considerar el espesor de la pared inmediata a la base, que en general es mayor que el del resto de las vasijas. Las inclusiones son conspicuas, de distintos tamaños y cantidades diferentes, y se destacan en las superficies externas. En cambio, las superficies internas pueden tener un alisado

² Ecuación de Washburn: $r = 2 \sigma \cos \alpha / p$ (donde r: radio de poro; σ : tensión superficial del mercurio; α : ángulo de contacto sólido/líquido; p: presión)

más esmerado que barre las inclusiones mayores, e incluso un revestimiento de arcilla que las oculta. Se registraron también estrías provocadas por las herramientas usadas durante el proceso de acabado, y marcas de utensilios con punta, sobre todo en las superficies externas, que, junto con el tamaño de las inclusiones, le proporcionan a las vasijas mejores condiciones para ser agarradas firmemente.

Por otra parte, todos los conjuntos presentan, en mayor o menor medida, acumulaciones de hollín. Asimismo, se han registrado numerosas superficies blancas y descascaradas, evidencias que corresponden al producto de la exposición de las piezas al fuego, tanto en forma directa como alejada, durante el uso de la vasija. Quedan por dilucidar otros tipos de patrones de acumulación de hollín, como los ennegrecimientos leves e irregulares de las paredes de las vasijas, que pueden deberse tanto a la cocción de la pieza como a la cercanía al fuego durante su uso.

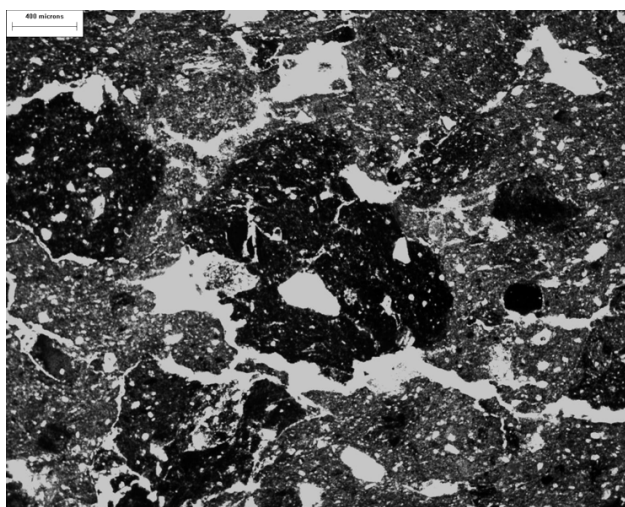
Análisis petrográfico

Las pastas estudiadas presentan inclusiones de cuarzo y feldspatos como presencia constante; micas y anfíboles recurrentemente, aunque en cantidades diferentes en los distintos grupos, y en menor proporción fragmentos líticos, principalmente de origen plutónico y volcánico, y en menor medida sedimentarios y metamórficos. Estos componentes son comparables a los presentes en la cerámica Belén y Santa María asociadas, con la excepción

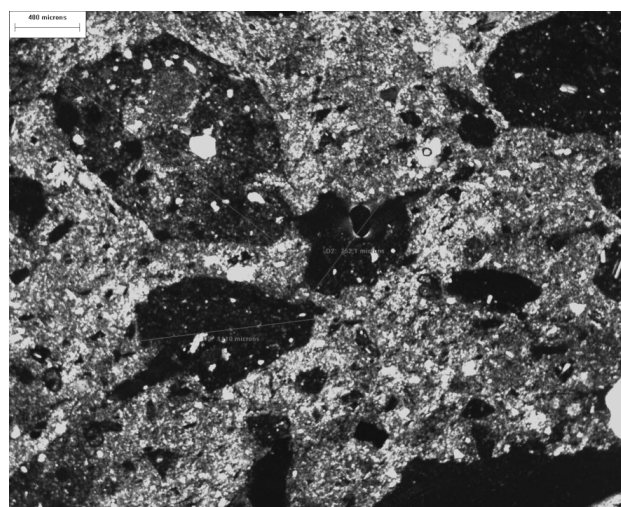
de los fragmentos sedimentarios, que son raros en estas dos últimas; y son afines a la geología local ya descrita en otros trabajos [3]. El vidrio volcánico, que se encuentra en forma de fragmentos pumíceos en cantidades variables en la mayor parte de los fragmentos, también se halla en la cerámica fina asociada. La presencia de tiesto molido es el elemento que introduce una diferencia. En la cerámica Belén su presencia es sólo ocasional y se considera de carácter accidental, en la cerámica Santa María se encuentra en cantidades moderadas o escasas, mientras que en la cerámica ordinaria (figura 1) es el componente no solo mayoritario sino el de tamaños superiores, que pueden llegar a arena muy gruesa en escala Udden-Wentworth.

Análisis de porosimetría

Con respecto a los análisis de porosidad, la figura 2 muestra la distribución de tamaño de poros de las muestras de El Molino. La muestra M3 presenta una distribución del 25 % del total del volumen (200 mm³/g) de tamaños de radio de 1000 Å, en tanto que el 50% del volumen total es aportado por poros más pequeños. M4 posee un volumen de poros menor (170 mm³/g) y una distribución más variable que M3, con aporte del 30% de poros con tamaño promedio de 2000 Å. Las muestras M11 y M12 son similares, sin un tamaño de poros definido a lo largo de todo el rango analizado, con volumen total de poros iguales a M4. La muestra M10 se podría agrupar, desde el punto de vista textural, con M11 y M12, dado que presenta una distribución semejante



a



b

Figura 1. Fotografías de pastas con inclusiones de tiesto molido observadas al microscopio petrográfico (40x). a. Sin analizador. El tiesto central tiene alrededor de 1,5 mm. de largo. b. Tiesto molido en otro corte, con analizador. Se puede observar la microestructura interna de cada uno.

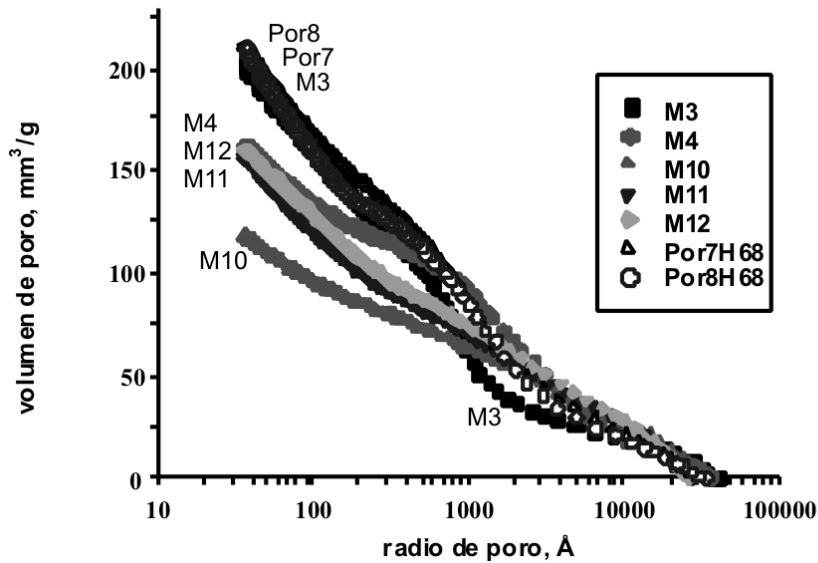


Figura 2: Distribución de tamaño de poros, Puerta de Corral Quemado. Muestras M y H68.

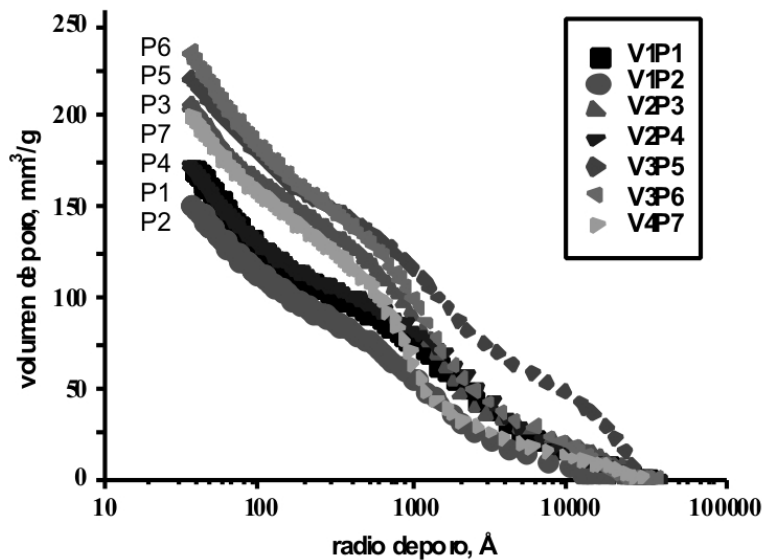


Figura 3: Distribución de tamaño de poros, Sitio campo de Carrizal. Muestras serie VP.

para poros de radio mayores de 1000 Å, en tanto que presenta un menor aporte de volumen de poros menores de ese valor, siendo el volumen total de 120 mm³/g. Las muestras Por7H68 y Por8H68, muy semejantes entre sí, tienen una distribución de poros similar a M3 para poros menores a 100 Å, en tanto que se asemejan al resto de las muestras para poros mayores a 3000 Å. La zona intermedia de distribución de Por7H68 y Por8H68 es similar a M4. Estas observaciones nos permiten interpretar comportamientos similares para este grupo de muestras.

La figura 3 muestra las distribuciones del conjunto

de Campo de Carrizal, en las que puede observarse un comportamiento similar a las analizadas para El Molino. En todos los casos es notable que los volúmenes de poros son aportados por diferentes tamaños, y no por un tamaño definido que contribuya en mayor medida, excepto las muestras M3 y V4P7, las cuales muestran una mayor pendiente, indicando una mayor contribución en volumen por parte de poros de aproximadamente de 1000 Å.

En la Tabla 1 se destacan los valores de porosidad de las diferentes muestras. M11 y M12 presentan valores semejantes de porosidad (29,1% y 30,6%), en M10 se hallan los valores menores (23,6%)

El Molino	Porosidad %	Campo de Carrizal	Porosidad
M3	37,8	V1P1	34,4
M4	31,8	V1P2	31,7
M10	23,6	V2P3	41,4
M11	29,1	V2P4	37,8
M12	30,6	V3P5	42,7
Por7H68	40,2	V3P6	41,3
Por8H68	41,2	V4P7	37,1

Tabla 1. Valores de porosidad

y en M3 y M4 los mayores (31,8 y 37,8%). Las muestras Por/H68 presentan valores de porosidad algo mayores, que alcanzan un 40%. Los valores de porosidad de las piezas de Campo de Carrizal son similares a los de El Molino, encontrándose en el rango de valores entre 31,7 a 42,7%.

Consideraciones vinculadas con la porosidad

Según lo presentado en los resultados de los estudios de porosimetría, todos los fragmentos examinados presentan una alta porosidad. No obstante, teniendo en cuenta que sólo se ha analizado la porosidad aparente, estas cifras podrían ser mayores en función de los poros cerrados existentes en todo cuerpo cerámico, los poros sellados por efectos intencionales (aplicación de sustancias por parte del alfarero), por efectos no intencionales (ingreso de sustancias en los procesos de cocción o almacenamiento de alimentos) o por alteraciones posteriores al enterramiento, entre otras circunstancias.

Según diversos estudios llevados a cabo sobre el tema, que han sido reunidos en la síntesis de Rice [1], esta alta porosidad observada le confiere a las piezas propiedades tecnológicas y funcionales positivas y negativas. En primer lugar, la dureza está influenciada por los rasgos microestructurales (tamaño de grano y porosidad de la pieza cocida). Los materiales gruesos y porosos, como es el caso de la cerámica ordinaria analizada, son menos resistentes a la penetración, abrasión y rajado. La resistencia (sensu [1]) también es una consecuencia de la microestructura, debido a las clases y tamaños de los cristales presentes en el material, el grado de porosidad, y la presencia de defectos o microrrajaduras. Los poros hacen a la cerámica más frágil porque, como fase de un material, bajan el módulo de elasticidad del todo. Sin embargo, los poros redondeados volverían menos intensas las fracturas introducidas por los procesos de manufactura, porque actuarían interrumpiendo

la trayectoria, aunque este punto es discutido por otros autores, dependiendo del tipo de cerámica y tratamiento térmico.

Con respecto al estrés térmico, las principales características microestructurales de interés son el tamaño de las partículas y la porosidad, las cuales pueden ser controladas por los alfareros. La porosidad afecta a la expansión térmica y a la conductividad de un cuerpo, y los poros pueden también detener rajaduras originadas por el estrés térmico. El incremento de porosidad en un cuerpo reduce la expansión térmica porque las cavidades interrumpen las continuidades lineales y de volumen entre los componentes: los cristales pueden expandirse dentro de las cavidades sin ejercer presión en los granos de alrededor.

La conductividad térmica de un cuerpo homogéneo puede ser disminuida por una alta porosidad si los poros están cerrados, dado que el aire aísla mejor que los sólidos, los cuales no son posibles de ser medidos por la técnica que utilizamos. Los poros grandes, abiertos y conectados incrementarían la conductividad porque permitirían a los gases calientes pasar a través del cuerpo, reduciendo el gradiente térmico e incrementando la resistencia al estrés térmico. Los poros pueden también prolongar la capacidad de servicio de la vajilla cerámica bajo estrés térmico, dado que inhiben la propagación de las fracturas que los forman.

Consideraciones funcionales

Los resultados obtenidos en los estudios realizados en este tipo de cerámica apoyan su adecuación al uso frecuente en actividades culinarias, en lo que respecta a las características de contenedores que soportan cargas, resisten impactos, y son apropiados para ser expuestos al fuego. En este último papel, partimos de la hipótesis de que las vasijas que se usan sobre el fuego son más efectivas si tienen alta resistencia térmica y alta conductividad [1]. Si bien

desconocemos el volumen de poros cerrados que podrían actuar como aislantes, sí se verifica un alto porcentaje de poros abiertos, lo cual incrementa la conductividad térmica y provee mayor resistencia al estrés térmico. Además, esta última se ve beneficiada por la ausencia de contornos angulosos en las piezas, por la presencia de bases elevadas y la existencia de grosores uniformes. El tiesto molido añadido influye positivamente sobre ambas propiedades [1,6]. Por otra parte, la porosidad en vasijas no vitrificadas actuaría como un factor de freno en la propagación de fallas, beneficiando la resistencia mecánica de las piezas, condición que se ve auxiliada por la adición del tiesto molido [6]. Si una pieza es manufacturada para ser usada de manera frecuente, necesita tener cierta resistencia mecánica, dado que está expuesta a la manipulación habitual, traslados, golpes, lavado, abrasión, uso de utensilios para procesamiento, etc.

Los estudios de porosidad realizados nos aproximan a las cuestiones tecnológicas sobre uso intencional y real [7] de este particular conjunto cerámico. No obstante, no son concluyentes y deben ser complementados, por una parte, con la aplicación de técnicas vinculadas con el análisis de dureza superficial, resistencia mecánica, conductividad, dilatometría, etc., los cuales se realizarán sobre el conjunto cerámico dando continuidad a esta línea de investigación; y, por otra, por la suma de nuevas muestras a partir de las cuales puedan realizarse comparaciones de cantidad y distribución de tamaños de poros entre distintos sectores de

una misma vasija, y entre vasijas de composición diferente, como por ejemplo con aquellas en las que no se añadió tiesto molido.

Referencias

1. RICE, P., 1987. Pottery Analysis. A Sourcebook. University of Chicago Press.
2. WYNVELDT, F., 2009. La loma de los Antiguos de Azampay. Un sitio defensivo del Valle de Hualfín (Catamarca, Argentina). Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
3. ZAGORODNY, N., M. MOROSI, M. E. LUCCI y F. WYNVELDT, 2010. Estudios composicionales de las pastas de la cerámica tardía de distintos sitios del Valle de Hualfín (Belén. Catamarca). Arqueología 16. En prensa.
4. IUCI, M. E., 2009. Caracterización de la forma, tamaño y función de las vasijas ordinarias de Puerta de Corral Quemado (Dpto. de Belén, Prov. de Catamarca). Comechingonia 12: 29-51.
5. ZAGORODNY, N., S.M. RIVERA y C. VALENCIA, 2007. Análisis de restos de madera provenientes del sitio campo del carrizal (Dpto. Belén, Catamarca). Actas del XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Jujuy, I: 133-139.
6. CUOMO DI CAPRIO, N. y S. VAUGHAN, 1993. An experimental study in distinguishing grog (chamotte) from argillaceous inclusions in ceramic thin sections. Archaeomaterials 7: 21-40.
7. SKIBO, J., 1992. Pottery function. A use-alteration perspective. Plenum Press, New York.