

Caracterización mediante TEM de los materiales del sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía): conclusiones sobre su construcción y preservación.

Paula Nieto Chacón (1*), Nicolás Velilla Sánchez (2), Massimo Setti (3), Anna Arizzi (2), Giuseppe Cultrone (2).

(1) Departamento de Medioambiente, CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040 Madrid (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, 18002, Granada (España)

(3) Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università degli Studi di Pavia, 27100, Pavia (Italia)

* corresponding author: paul.nch@gmail.com

Palabras Clave: Kınık Höyük, investigación arqueológica, arenas volcánicas, mineralogía. **Key Words:** Kınık Höyük, Archaeological Research, volcanic sands, mineralogy.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este trabajo se ha realizado el estudio de los materiales de construcción del yacimiento arqueológico de Kınık Höyük, situado en la provincia de Niğde (Capadocia meridional, Turquía), una zona muy importante desde el punto de vista histórico, arqueológico y geológico. La abundancia de materias primas y agua en la zona, así como su situación estratégica dieron lugar al desarrollo de una población en el área de estudio entre la Prehistoria y la Edad Media, alcanzando su punto de mayor esplendor entre los siglos IX y VIII a.C. (Balatti y Balza 2012). Las muestras analizadas fueron tomadas en el marco del Kınık Höyük Archaeological Project, que puso en marcha las excavaciones en el año 2011 con el fin de conservar las estructuras arquitectónicas encontradas (Cinieri et al 2016). Sobre la base de los estudios químico-mineralógicos y texturales realizados por Nieto Chacón et al. (2018) y Nieto Chacón (2019) sobre 14 muestras representativas de diferentes elementos constructivos del sitio arqueológico (seis de ellas de revestimientos, cuatro de ladrillos, una de un estrato cinerítico, otra de un terraplén y dos de la pavimentación), se ha podido establecer que todas las muestras son arenas volcánicas relativamente compactas de tamaño de grano fino (más del 80% de la muestra) con algunos granos de mayor tamaño inmersos en ellas. La matriz, bastante porosa, contiene abundante material ignimbrítico e incluye tanto granos monominerálicos (feldespato, cuarzo, mica, anfíbol, piroxeno y olivino) como fragmentos de rocas volcánicas y vidrio volcánico. Mediante XRD y SEM se identificaron también otras fases minerales como cristobalita, tridimita, yeso y halita. Estos estudios previos destacaron la presencia de algunos fragmentos de roca volcánica y granos individuales de silicatos con un borde alrededor de tamaño de grano muy fino y color marrón. Algunas de ellas incluso presentan una fina capa de color blanco que se corresponde con aquellas muestras pertenecientes a revestimientos con un acabado externo (posiblemente de cal).

Este trabajo pretende ser una continuación del estudio químico-mineralógico y textural realizado anteriormente sobre los materiales del sitio arqueológico para conocer la tecnología constructiva utilizada (Nieto Chacón et al. 2018). En particular, aquí se pretende averiguar mediante investigaciones al Microscopio Electrónico a Trasmisión (TEM) si la durabilidad de estos materiales se debe a reacciones de tipo puzolánico (con formación de fases hidratadas) ocurridas a lo largo del tiempo entre silicatos y/o aluminatos reactivos y cal, como se podría deducir por la presencia de aros de reacción alrededor de algunos granos de silicatos, como por el uso de cal en algunos de los materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales estudiados son unas arenas de origen volcánico procedentes de los materiales aflorantes en las proximidades de yacimiento arqueológico. Para este trabajo se han seleccionado dos de ellas, una procedente de un ladrillo y otra de un revestimiento hecho a base del mortero más endurecido. Estas muestras se molieron para

producir un polvo depositado en una rejilla de Cu recubierta por una película fina de C (pasando repetidamente esta rejilla por la dispersión del polvo en alcohol) y se han estudiado mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de electrones y análisis composicional (AEM) utilizando un equipo Titan con cañón de emisión XFEG, corrector de aberración esférica y detector HAADF, que funciona a 300 kV, con una resolución de 0,8 Å en modo TEM y 2 Å en modo STEM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante TEM se ha investigado la posible existencia de fases amorfas/nanocristalinas de silicatos cálcicos hidratados (CSH), ya que no ha sido posible confirmar su presencia con otras técnicas y podrían jugar un papel importante en el estado de conservación del yacimiento de Kınık Höyük. Se han identificado los siguientes minerales de la arcilla: montmorillonita (típica de alteración de materiales ferromagnesianos y cuyo origen más frecuente es el vidrio volcánico, Chamley 1989), y en menor proporción caolinita e illita. La muestra de ladrillo tiene un contenido mayor en arcillas que la muestra del revestimiento, que es más rica en carbonatos. Además de los filosilicatos, se han observado partículas de morfología granular que difieren de los filosilicatos. A partir de los espectros de EDX y de la difracción de electrones realizados sobre un área seleccionada (SAED) de estas partículas de aspecto grueso o granular se han identificado fases amorfas de sílice, correspondientes a las primeras fases de alteración del vidrio volcánico (ópalo A). También se han identificado en TEM cristobalita y tridimita (ópalo CT), que corresponden con las primeras fases cristalinas que empiezan a formarse a partir del vidrio volcánico. Estas fases de alteración del vidrio volcánico se producen debido a su tendencia a evolucionar a fases más estables en la naturaleza. Sin embargo, al igual que con las otras técnicas anteriormente empleadas, no se han encontrado mediante TEM las fases amorfas/nanocristalinas de silicatos cálcicos (tipo CSH). Esto descartaría que la supervivencia del sitio arqueológico durante miles de años se haya debido a un posible carácter hidráulico de los materiales que lo componen.

CONCLUSIONES

A partir de la caracterización químico-mineralógica y textural sobre los materiales del sitio arqueológico de Kınık Höyük, y sobre la base de las nuevas investigaciones llevadas a cabo mediante TEM, se puede confirmar que la construcción del asentamiento arqueológico de Kınık Höyük ha sido realizada esencialmente con los mismos materiales del entorno geológico, sin ser sometidos a ningún tipo de transformación, a excepción de algunos revestimientos y pavimentos que presentan un acabado de cal. La preservación a lo largo del tiempo del yacimiento posiblemente sea debida a la realización de reparaciones o reconstrucciones mientras estuvo ocupado el asentamiento y a haber estado enterrado manteniendo así unas condiciones de temperatura y humedad constantes y al resguardo de los agentes meteorológicos.

REFERENCIAS

- Balatti, S. y Balza, M.E. (2012): Kınık Höyük and Southern Cappadocia (Turkey): Geo-archaeological activities, landscapes and social spaces. En: *Social and Environmental Space*, Volumen 3, (R. Hofmann, F.K. Moetz y J. Müller, eds). R. Habelt, Bonn, 93-104.
- Cinieri, V., Morandotti, M., Setti, M. y Zamperini E. (2016): Analisi e conservazione del patrimonio archeologico di Kınık Höyük. En: Congreso REUSO, Pavia: 392-399.
- Chamley, H. (1989): *Clay sedimentology*. Springer, Berlin, 623 pp.
- Nieto Chacón, P., Arizzi, A., Setti, M., Bandín Martínez, D., Cultrone, G. (2018) Uso combinado de técnicas de análisis para la caracterización mineralógica y textural de materiales arqueológicos del sur de Capadocia (Turquía). *Macla* 23, pp. 00-00.
- Nieto Chacón, P. (2019) El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Granada. 67 p.