

El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.

Trabajo Fin de Máster en Ciencia y Tecnología en Patrimonio
Arquitectónico (Universidad de Granada)



Alumna: Paula Nieto Chacón

Tutor: Nicolás Velilla Sánchez

Septiembre 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Considerando que la presentación de un trabajo hecho por otra persona o la copia de textos, fotos y gráficas sin citar su procedencia se considera plagio, el abajo firmante D./Dña. Paula Nieto Chacón con DNI 76628953Z, que presenta el Trabajo Fin de Máster con el título: “El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales”. Declara la autoría y asume la originalidad de este trabajo, donde se han utilizado distintas fuentes que han sido todas citadas debidamente en la memoria.

Y para que así conste firmo el presente documento en Granada a Septiembre de 2019.

El autor:

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de todas aquellas personas que han aportado su ayuda y colaboración a la realización del mismo:

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, Nicolás Velilla por la constante dedicación, orientación, la ayuda y los conocimientos transmitidos.

A Massimo Setti, de la Università degli Studi di Pavia (UNIPV), por ponerme en contacto con el proyecto y proporcionarme los materiales necesarios para llevar a cabo este estudio.

A Anna Arizzi y Giuseppe Cultrone por su supervisión científica y el apoyo económico que ha permitido llevar a cabo los análisis para la realización de este TFM.

A María del Mar Abad, Isabel Guerra y Alicia González del Centro de Instrumentación Científica de la UGR por su ayuda brindada y conocimientos en las técnicas de microscopía electrónica sin las cuales no habría sido posible la realización de este trabajo.

También quiero agradecer a Dafne Bandín por su ayuda aportada y, en general, a todo el personal del departamento de Mineralogía y Petrología de la UGR que me han acogido y me han permitido usar todos los servicios necesarios para llevar a cabo este estudio.

A todas las personas del máster CiTPA, ya que me han aportado conocimientos necesarios para la realización del trabajo y en especial a Eduardo Sebastián por su apoyo en las tareas de coordinación.

Por último, al programa ERASMUS que me permitió tomar contacto con el yacimiento arqueológico de Kınık Höyük a través de la universidad de acogida (UNIPV) en Italia.

ÍNDICE

Resumen/Abstract	6
1. Introducción y objetivos	8
2. Contexto geográfico y geológico	10
3. Análisis histórico-arqueológico y constructivo	13
4. Materiales	18
5. Métodos	21
6. Resultados y discusión	25
6.1. <i>Observación mediante lupa/video-microscopio</i>	25
6.2. <i>Difracción de rayos X (XRD)</i>	27
6.3. <i>Microscopía óptica de polarización (MOP)</i>	28
6.4. <i>Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre lámina delgado-pulida</i>	32
6.5. <i>Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre fragmentos</i>	35
6.6. <i>Microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de electrones y análisis composicional (AEM) sobre polvo depositado en rejilla</i>	37
7. Conclusiones/Conclusions	41
8. Referencias	43
ANEXOS	47

Resumen

En este trabajo se ha realizado el estudio de los materiales del yacimiento arqueológico de Kınık Höyük (Capadocia meridional, Turquía) apoyado en información de carácter histórico, constructivo y geológico. 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. El objetivo es caracterizar los materiales y averiguar la tecnología constructiva utilizada en el pasado mediante la cual los restos han perdurado durante tanto tiempo. Las muestras estudiadas corresponden a un revestimiento de una muralla y a ladrillos de adobe, revestimientos y pavimentos de las construcciones del asentamiento. Este estudio se ha llevado a cabo mediante observación con lupa/video microscopio, difracción de rayos X, microscopía óptica y electrónica de barrido sobre láminas delgado-pulidas y fragmentos y microscopía electrónica de transmisión. Los materiales estudiados son unas arenas de origen volcánico procedentes de los materiales aflorantes en la zona. Generalmente, las muestras son porosas y fisuradas y se reconocen minerales de origen volcánico como cuarzo, plagioclasa, cristobalita, piroxenos, micas, anfíboles y olivino y de origen sedimentario como la calcita, además de menores cantidades de arcillas. Se ha prestado especial atención a la presencia de silicatos cálcicos hidratados debido a que juegan un papel importante en la preservación de materiales antiguos, pero a pesar de haberse buscado con diversas técnicas no se han encontrado. Por tanto, la preservación a lo largo del tiempo del yacimiento arqueológico de Kınık Höyük posiblemente sea debida a la realización de reparaciones o reconstrucciones mientras estuvo ocupado el asentamiento y a haber estado enterrado con unas condiciones de temperatura y humedad constantes y al resguardo de los agentes meteorológicos.

Abstract

The materials of the archaeological site of Kınık Höyük (Southern Cappadocia, Turkey) has been studied using historical, constructive and geological information. The samples were taken within the Kınık Höyük Archaeological Project. The excavations started in 2011 to preserve the architectural structures. The objective is to characterize the materials and to know the construction technology used which has allowed the good conservation of the remains. The samples correspond to the citadel walls coating and adobe bricks, coatings and pavement of the settlement buildings. The techniques used were: observation with magnifying lens/video microscope, X-ray diffraction, optical microscopy, scanning electron microscopy on thin-polished sections and fragments and transmission electron microscopy. The materials are volcanic sands from the outcropping rocks in the area. Generally, the samples are porous and fissured. Volcanic minerals are recognized: quartz, plagioclase, cristobalite, pyroxenes, micas, amphibole and olivine together with sedimentary ones, such as calcite and smaller amounts of clays. Special attention has been given to the presence of hydrated calcium silicates (CSH) because they play an important role in the preservation of ancient materials. Despite the CSH searching using various techniques, they have not been found. Therefore, the preservation over time of the archaeological site of Kınık Höyük is possibly due to repairs and reconstructions while the settlement was occupied, together with the burial at constant temperature and humidity conditions.

1. Introducción y objetivos

El asentamiento de Kınık Höyük se encuentra sobre un montículo (Fig. 1A) en la zona norte de la llanura de Bor, situada al oeste de la ciudad de Niğde (Fig. 1B) y al pie del complejo volcánico Melendiz, en la Capadocia meridional (Turquía). Esta región es muy importante desde el punto de vista histórico, arqueológico y geológico, de hecho, la elección de este lugar para el asentamiento, se debió a la confluencia de factores en el área que la hicieron propicia para el desarrollo de una población. Estos factores son la abundancia de materias primas tales como el oro, la plata, el estaño, el hierro, la obsidiana, el alabastro o el mármol, la disponibilidad de agua (Balatti y Balza, 2012) y su posición estratégica entre las principales vías de comunicación desde la Prehistoria hasta la época Medieval, ya que conectaba las regiones orientales (Cilicia, Siria y Mesopotamia) con la zona central de Anatolia, a través de los pasos en los Montes Tauro (Fig. 1B) (Mattesi et al, 2014). Todo esto ha propiciado que Kınık Höyük estuviese habitado cerca de 4000 años (Cinieri et al., 2014).

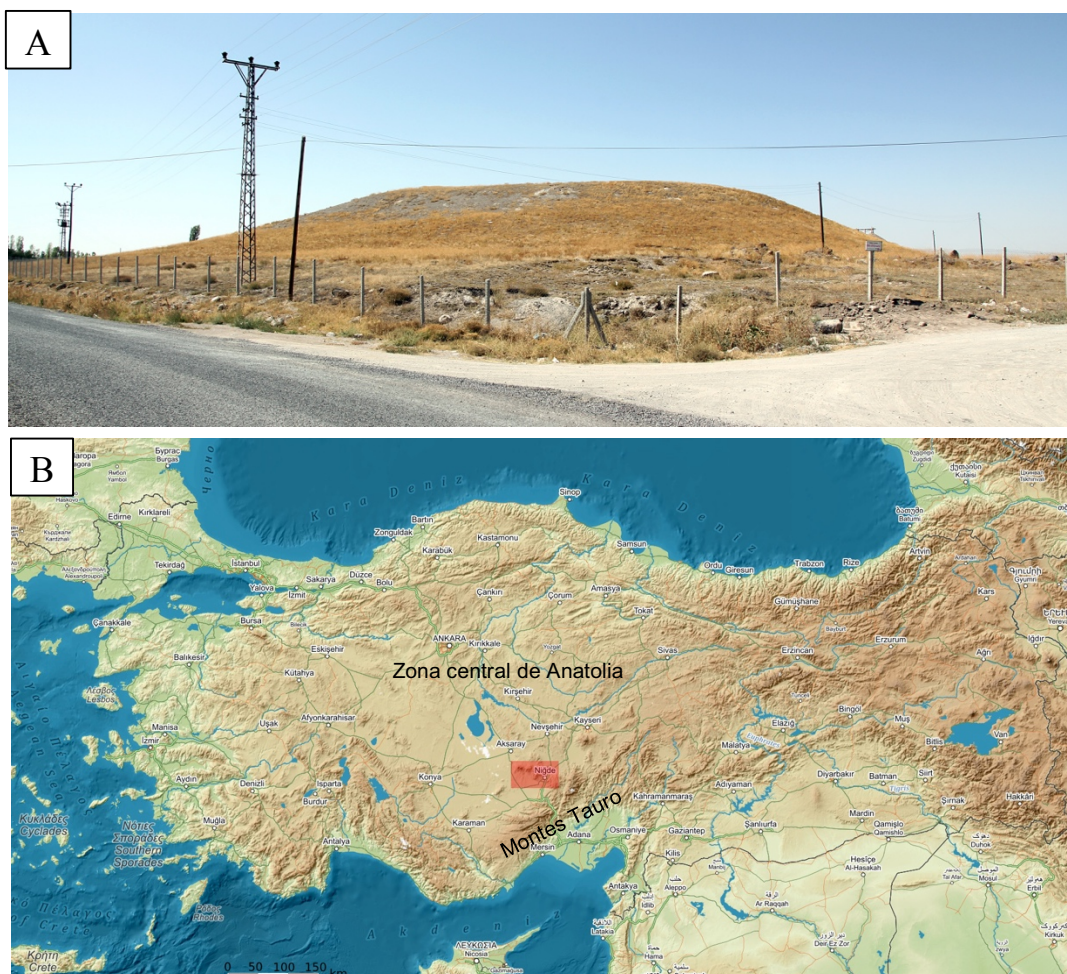


Fig 1. A) Fotografía del montículo dónde se encuentra el asentamiento de Kınık Höyük (Wikimedia, 2017). B) Situación de la ciudad de Niğde y el área de estudio (rectángulo rojo) en el mapa de Turquía (modificado de Mapy.cz).

Geológicamente, es una zona importante debido a la actividad volcánica que ha tenido lugar durante el periodo cuaternario y el neógeno, así como por los depósitos aluviales y lacustres encontrados, que indican que la llanura de Bor estaba ocupada por un lago durante el Pleistoceno (Altın et al., 2015).

El clima de la zona de estudio es predominante semi-árido y continental, con una precipitación anual media de 325-350 mm y una variación de temperaturas medias anuales bastante amplia, desde 0°C en enero a 23°C en julio (Fig. 2) (MGM, 2019).

Location of weather station : 38.0 N, 34.7 E, altitude : 1208 m													
	Data Period	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mean Maximum Temperature (deg. C)	1961-1990	4.4	6.3	11.0	16.5	21.4	25.1	28.7	28.8	25.2	19.1	12.9	6.9
Mean Temperature (deg. C)	1961-1990	-0.6	1.1	5.1	10.3	14.6	18.8	22.0	21.5	17.3	11.5	6.0	1.7
Mean Minimum Temperature (deg. C)	1961-1990	-4.7	-3.2	-0.2	4.2	7.9	11.2	14.2	13.5	9.6	5.3	1.2	-2.3
Rainfall Amount (mm)	1961-1990	30.5	31.3	33.1	43.4	52.0	24.1	5.0	2.8	7.6	23.7	30.0	40.1
Days with Rain*	1961-1990	6	7	7	8	8	4	1	1	1	4	5	7

* denotes number of days with at least 1.0 mm of rainfall

Fig 2. Tabla de información climatológica de Niğde (tomado de Hong Kong Observatory, 2012).

A pesar de su importancia histórica, esta región ha sido bastante desconocida (especialmente en lo referente al periodo preclásico) hasta el año 2006 en el que la Università degli Studi di Pavia empezó a realizar una serie de estudios arqueológicos (d'Alfonso et al., 2007). Posteriormente, en 2011, comenzaron las excavaciones de Kınık Höyük bajo un proyecto arqueológico internacional con carácter multidisciplinar, en el que participan la Università degli Studi di Pavia (Italia), la New York University (EEUU), el CNRS (Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia) y las Universidades de Niğde y Erzurum (Turquía) (Cinieri et al., 2014). Este proyecto está todavía en curso y tiene como objetivo llevar a cabo un estudio histórico y arqueológico del lugar, así como desarrollar las acciones necesarias para la conservación de las principales estructuras arquitectónicas y la futura musealización del área arqueológica (Cinieri et al., 2016).

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la caracterización de los materiales que conforman el sitio arqueológico de Kınık Höyük y de este modo, averiguar la tecnología constructiva utilizada en el pasado mediante la cual los restos han perdurado durante tanto tiempo. Para esto se ha realizado un estudio histórico-arqueológico y constructivo, así como de la geología de la

zona con el fin de conocer más a fondo la región. También se ha realizado un estudio químico-mineralógico, petrográfico y textural en muestras del yacimiento (proporcionadas por la Università degli Studi di Pavia) mediante diferentes técnicas de análisis que proporcionan una información complementaria para su mejor conocimiento.

2. Contexto geográfico y geológico

Kınık Höyük pertenece a la provincia de Niğde, localizada en la zona sur de la Capadocia, una amplia región de la Anatolia central (Turquía). Se localiza en la denominada llanura de Bor-Ereğli, que es una cuenca rodeada de montañas de hasta 3500 m de altitud. Al sur y este de la llanura se encuentran los montes Tauro, al este el macizo metamórfico de Niğde (montes Bolkar e Itulumaz) y al norte los complejos volcánicos de Hasan, Keçiboydurán y Melendiz (Fig. 3A). Concretamente el área de estudio está situada a una altitud de 1100 m sobre el nivel del mar y al pie sur del volcán Melendiz (d'Alfonso et al, 2014).

Los Montes Tauro están formados principalmente por carbonatos marinos de edades más antiguas que el Mioceno (Dhont et al, 1998). La zona del macizo de Niğde está formada por una mezcla de ofiolitas que han sufrido deformación y metamorfismo (Fig. 3B) en conjunto con las formaciones subyacentes (Göncüoğlu, 1986).

El área de estudio forma parte de la zona sur de la Provincia Volcánica de Anatolia Central (PVAC) caracterizada por un magmatismo postcolisional que se extiende desde al Neógeno al Cuaternario. Es de carácter calcoalcalino y está representado principalmente por andesitas y dacitas, junto a algún vulcanismo de carácter transicional toleítico-alcalino basáltico (Fig. 3B) en conos volcánicos monogenéticos (Kuşcu y Geneli, 2010). Este vulcanismo característico de la PVAC está asociado a la convergencia intracontinental producida por la colisión entre la placa afro-arábica y la euroasiática y dio lugar a grandes volcanes como Hasan (3263 m), Melendiz (2967 m) y Keçiboydurán (2727 m), así como a centenares de conos de escoria y extensas capas de ignimbritas, que están genéticamente relacionados con magmatismo basáltico-riolítico (Kurkcuoglu et al., 1998; Deniel et al., 1998; Aydar y Gourgaud, 2002).

La PVAC desarrolló un sistema complejo de depresiones vulcano-tectónicas a finales del Mioceno medio (Toprak et al., 1994) sobre una cuenca profunda del Oligoceno localizada entre los montes Tauro y el macizo metamórfico de Niğde (Innocenti et al., 1982; Pasquaré et al., 1988). El vulcanismo calcoalcalino posiblemente se deba a una zona de subducción residual de corteza oceánica localizada en la parte norte de la placa africana (Innocenti et al., 1975). La actividad magmática se puede dividir en tres fases (Pasquaré et al., 1988, Schleiffarth et al, 2016): en primer lugar, una voluminosa

fase de vulcanismo máfico-intermedio que tiene lugar entre 20 y 13 Ma en el este de la Anatolia central, posteriormente tuvo lugar una segunda fase de erupciones de ignimbritas riolíticas y riodacíticas concentradas entre 11 y 5 Ma (Mioceno superior) que ocupan grandes extensiones (20000 km²) principalmente al norte del área estudiada. Finalmente, la actual configuración de puntos volcánicos en la zona es fruto de la tercera fase, desarrollada desde el Plioceno a la actualidad (4-0 Ma). Es composicionalmente diversa y da lugar a la formación de los grandes complejos de estratovolcanes Hasan, Melendiz y Erciyes, y de ventanas monogenéticas basálticas. Esta actividad se concentra a lo largo de las del sistema de fallas Eceemis o de Niğde, con dirección NE-SW, y Tuzgölü, con dirección NW-SE (Fig. 3B) (Kuşcu y Geneli, 2010). El sistema de fallas de Tuzgölü es activo en la actualidad. Las características del terreno han permitido la formación de otras fallas y fracturas menores que han dado lugar a aguas termales. También son notables la formación de travertinos y los depósitos fluviales de corrientes provenientes de las formaciones montañosas colindantes (Altin et al., 2015).

De acuerdo con estudios geológicos y geomorfológicos, se puede señalar la presencia de un lago en la llanura de Bor durante el Pleistoceno. Los depósitos aluviales y lacustres durante el Pleistoceno y el Holoceno están compuestos principalmente por arcillas, arenas, limos, calizas y paleosuelos. Estas unidades contienen en su mayor parte calcita y minerales de la arcilla y en menor medida cuarzo, phillipsita, cristobalita, feldespato, plagioclasa, goethita y moscovita (Altin et al., 2015).

El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.

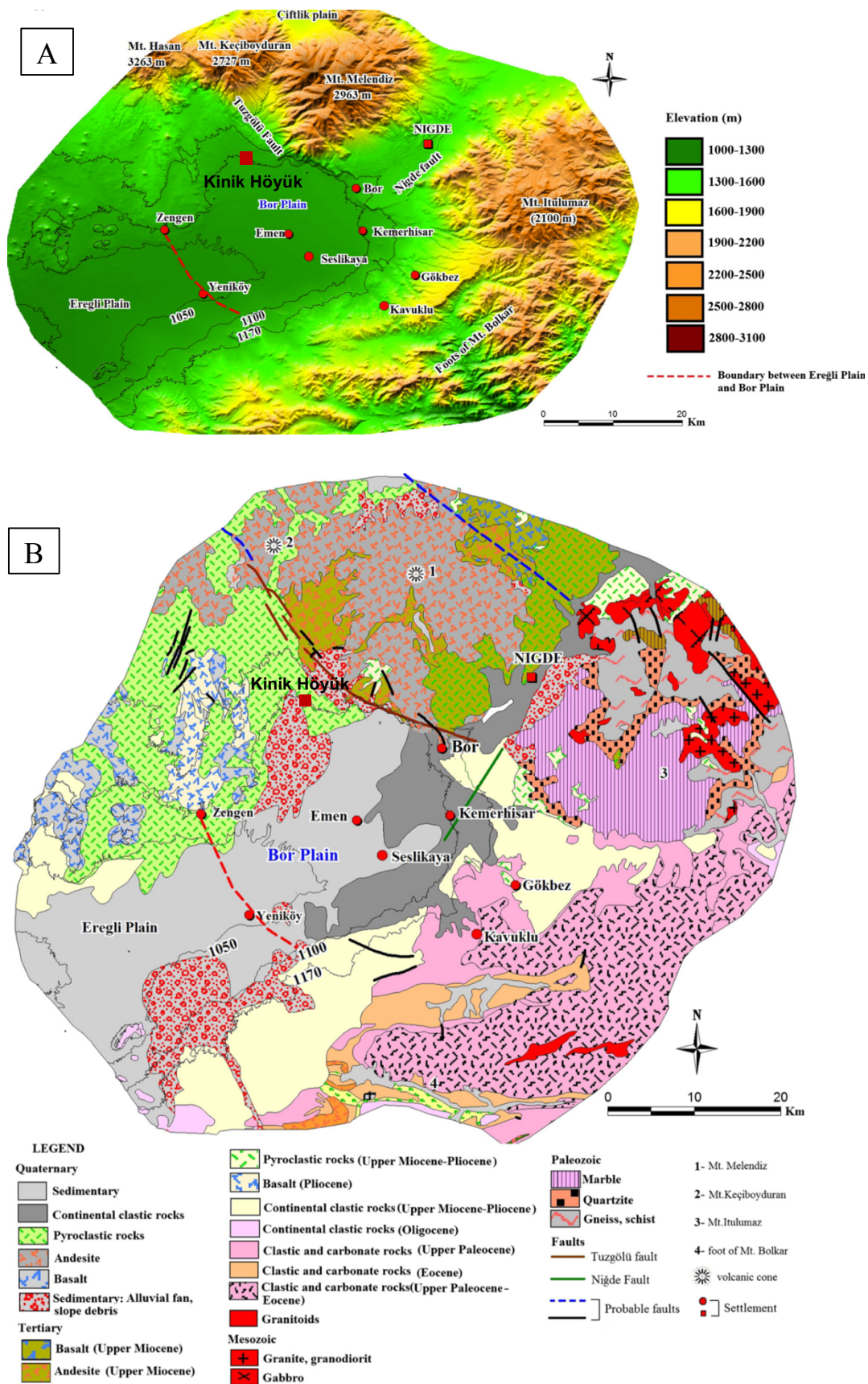


Fig 3. A) Mapa topográfico del área de estudio (modificado de Altın et al., 2015). B) Mapa geológico del área de estudio (modificado de Altın et al., 2015).

3. Análisis histórico-arqueológico y constructivo

La ubicación geográfica tan favorable de la región ha tenido durante todas las épocas una gran importancia estratégica, ya que conecta la zona norte y central de Anatolia con Oriente Medio y el oeste de Anatolia, más concretamente, formaba parte de dos pasos importantes a través de los Montes Tauro: el valle del río Göksu y las Puertas Cilicias (French, 1965; Forlanini, 1988; Berges y Nollé, 2000). Además, diversos estudios han señalado una gran riqueza de esta región en materias primas, lo que ha propiciado una producción local de gran valor desde épocas prehistóricas (Muhly, 1993; Hawkins, 2000; Yener, 2000; Balkan-Atlı y Cauvin, 2007). También fue importante para el desarrollo de la región el fácil acceso a aguas termales, que tenían una importancia ideológica y religiosa, así como la disponibilidad de pastos para la ganadería y de zonas de cultivo, principalmente destinadas a la producción de cereales y viñedos (Balatti y Balza, 2012).

Gracias a la señalada posición estratégica de la región, muchos pueblos se asentaron en esta zona. Aunque los primeros registros hacen referencia a los asirios (2000 a.C.), no es hasta el periodo hitita que se tiene una información histórica más amplia (Forlanini, 2008). El periodo de mayor ocupación e influencia de Kinik Höyük se corresponde con la primera mitad de la Edad de Hierro (siglos XII-VIII a.C.), durante la cual tuvo lugar una de las entidades socio-políticas más prósperas de la Capadocia meridional y de la que se han encontrado numerosos restos arqueológicos en el área de asentamiento: el reino neo-hitita de Tuwana (siglo VIII a.C.). Las cerámicas encontradas en el sitio datan desde finales de la Edad de Bronce (siglos XV-XII a.C.) y hasta la época Medieval, sin embargo, los periodos más importantes desde el punto de vista histórico y arqueológico de este lugar son el hitita, neo-hitita, persa, helenístico, romano y medieval (d'Alfonso, 2010; Matessi et al., 2014).

Debido a las características peculiares de Kinik Höyük, en cuanto a dimensiones, posición y tipo de hallazgos encontrados, se le ha asignado un papel clave entre los sitios arqueológicos estudiados dentro de la Capadocia meridional, en particular para el periodo de tiempo comprendido entre el 1500 y 150 a.C.

El montículo (Fig. 1A) (*höyük* en turco) sobre el que se encuentra el yacimiento tiene 20 m de alto y unos 300 m de diámetro. La abundancia de restos cerámicos en los terrenos de alrededor prueban la existencia de una ciudad baja, de modo que incluyendo ésta, el sitio arqueológico tendría un total de 24 ha (Balatti y Balza, 2012; Matessi et al, 2014).

Kinik Höyük fue descubierto gracias a las prospecciones magnéticas y de georadar realizadas en 2010 que señalaban la existencia de una estructura de piedra de forma elíptica rodeando el montículo (Fig. 4) y que mostraba indicios de ser la muralla defensiva de la ciudad (d'Alfonso y Mora, 2010). A partir de ahí, se comenzaron en 2011 las excavaciones. Las obras en la zona norte y suroeste sacaron a la luz restos de la muralla (d'Alfonso y Mora, 2012), con un buen estado de conservación del material, esto sumado a sus propias características llevaron a realizar un estudio sobre sus técnicas constructivas (Cinieri et al., 2014).

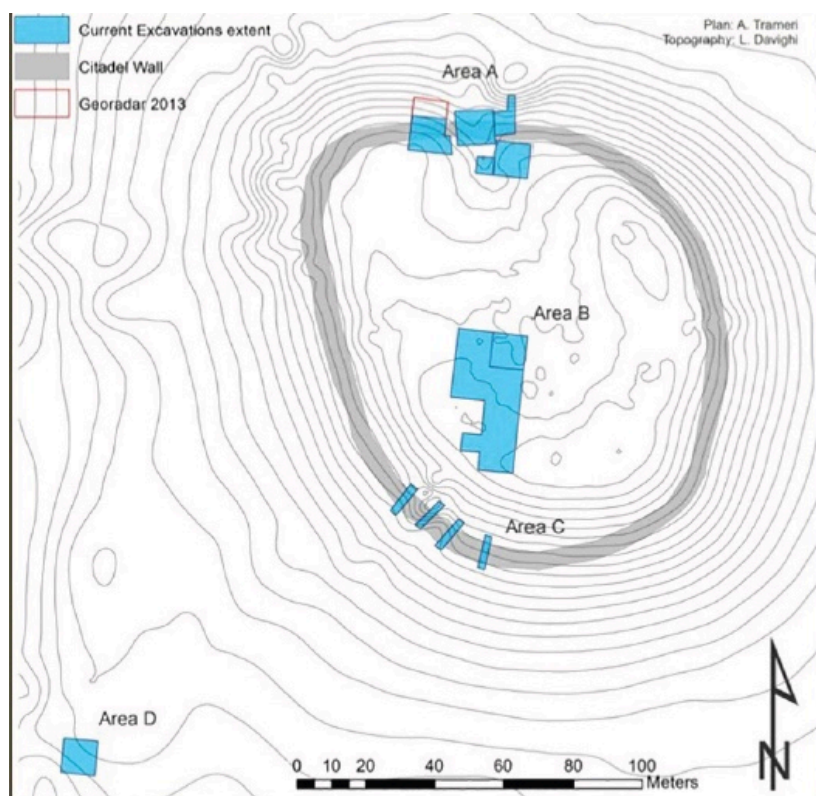


Fig. 4. Mapa del montículo de Kinik Höyük (tomado de www.kinikhoyuk.org/progetto.html).

La muralla de la ciudadela de Kinik Höyük tiene un zócalo de piedra de 3,5 m de alto. Bajo esta muralla se han descubierto restos de otra muralla más antigua construida con otras técnicas diferentes. La muralla más moderna tiene una anchura de aproximadamente 4,5 m y está constituida por un relleno de bloques fluviales de unos 35 cm de diámetro y dos paredes laterales de unos 70 cm de ancho, de piedra no trabajada, que retienen ese relleno interior. El relleno de bloques fluviales tiene numerosos huecos de tamaño decimétrico y centimétrico entre ellos, lo que sugiere la falta de juntas de mortero. La muralla, posiblemente, habría tenido estructura de ladrillos de adobe en la parte superior al igual que en otros ejemplos análogos, pero actualmente no se ha encontrado (d'Alfonso et al, 2014).

En las excavaciones de la fachada norte de la muralla se ha encontrado un revestimiento de tierra de 10 cm de ancho (Fig. 5) hecho de barro mezclado con inclusiones orgánicas, bajo el cual existen rocas de diferentes tamaños apiladas formando la pared lateral que retiene el relleno de la muralla, así como barro y restos de vigas de madera (Cinieri et al., 2014). En general, los materiales de construcción encontrados provienen de fuentes locales y, por tanto, son de origen volcánico, concretamente las piedras de cantería tienen composición andesítica y basáltica y el barro usado en revestimientos y ladrillos se fabricó a partir de tierra local, compuesta por vidrio volcánico y otros minerales (Gürel y Lermi, 2010).

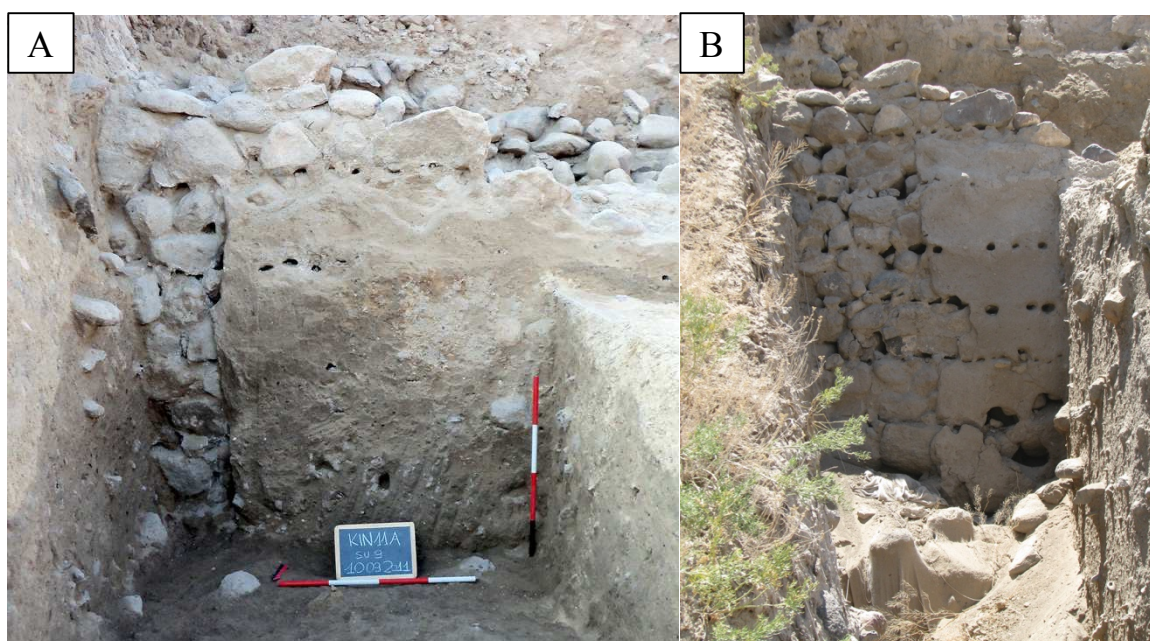


Fig. 5. A) Fotografía de parte de la fachada norte de la muralla en 2011 (tomada de Cinieri et al., 2014). B) Fotografía de la misma fachada de la muralla en 2013 en la que se aprecia el aumento de huecos debido a la erosión. Nótese también las filas de huecos horizontales.

Entre 2011 y 2013 se produjo un aumento de huecos en la superficie (Fig. 5) de las paredes (en el revestimiento de barro) debido a la erosión producida por la exposición a los agentes atmosféricos y los cambios de temperatura y humedad. Estos huecos (Fig. 6A) (de entre 5 y 10 cm de diámetro) se corresponden con los vacíos que quedan entre las rocas que forman el muro y están dispuestos formando filas horizontales separadas, aproximadamente, medio metro las unas de las otras (Fig. 5B). En estos huecos se encontraron más restos de vigas de madera (Fig. 6B) incrustados en la mampostería (Matessi et al., 2014). Aunque la función de estas no está clara aún, se piensa que podrían formar una especie de armadura en el interior de la muralla y, en cuanto a su disposición, caben dos posibilidades: o bien atravesaban todo el grosor de la muralla de extremo a extremo o estaban colocados solamente en los 70 cm de revestimiento externo, ya que no se ha

observado una continuidad de estas vigas hacia el interior de la muralla. La madera de estas vigas ha sido identificada como madera de olmo o de roble (Cinieri et al., 2016).

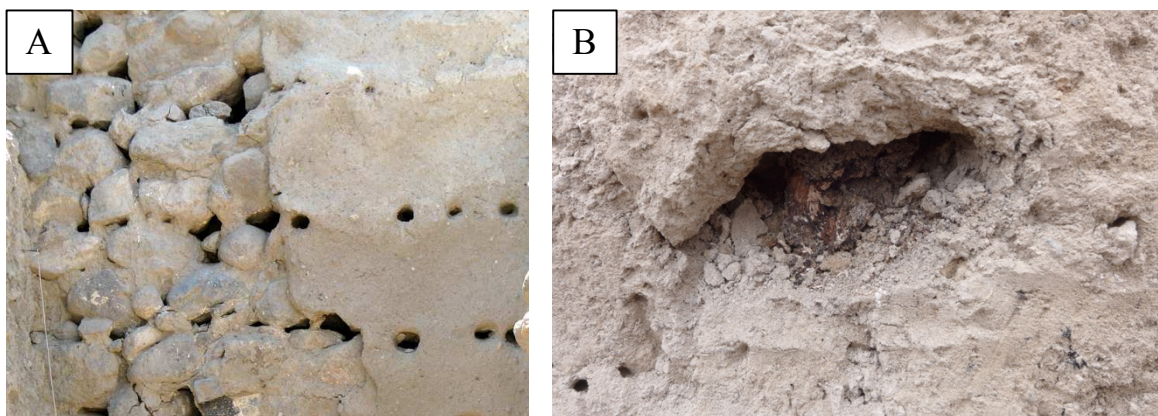


Fig. 6. A) Detalle de los huecos en el muro en el que se aprecia la correspondencia entre los huecos en el revestimiento y los vacíos entre las rocas del muro (tomada de Cinieri et al., 2014). B) Fotografía de restos de las vigas de madera en el interior de uno de los huecos.

La muralla cuenta con una rampa adosada (Fig. 7) por la fachada exterior que cumpliría una función defensiva, impidiendo que las máquinas de guerra pudieran aproximarse a las murallas debido a la inclinada pendiente de ésta. Está construida a base de la propia tierra de la zona y presenta dos fases constructivas diferentes, la primera de una altura de alrededor de 2,5 m y la segunda de unos 2 m de alto, lo cual confiere a la rampa una altura total de unos 4,5 m (d'Alfonso et al, 2014; Cinieri et al, 2016).



- 1: Rampa defensiva adosada a la muralla
- 2: Revestimiento de barro
- 3: Rocas con formas irregulares que componen la pared lateral de la muralla

Fig. 7. Vista panorámica de la muralla y la rampa defensiva.

Las campañas de excavación realizadas desde 2011 han puesto de manifiesto numerosos restos de las construcciones (Fig. 8) que formaban parte de la ciudadela. A partir de los resúmenes de estas campañas publicados por el Kinik Hoyuk Archaeological Project (<https://www.kinikhoyuk.org/excavations.html>) se resumen, a continuación, diversos aspectos relativos a las construcciones más significativas de la ciudadela, agrupados por periodos históricos. Las construcciones de la Edad de Hierro tardía (siglos VII a VI a.C.) están documentadas en el área A. Son una arquitectura bien construida que comprende muros de ladrillos de barro con zócalos de piedra que fueron enlucidos. Se han descubierto áreas de trabajo con hornos y diferentes pozos, patios grandes y destaca un pavimento de piedra de basalto bien colocado y alisado.

Del periodo Aqueménide (siglos VI a IV a.C.) han sido expuestos, en el área B, diversos muros muy bien preservados de cerca de 2 m de altura y 1 m de ancho que conservan pequeñas zonas con enlucidos coloreados. También hay algunos muros con zócalo de piedra recubiertos por una gruesa capa de enlucido. Suelos con hornos y otras instalaciones que se han asociado con espacios para la preparación de comida. En el área A destaca una construcción bien conservada realizada con ladrillo de barro conocida como “el edificio amarillo”.

Correspondiente al periodo Helenístico (siglos IV a I a.C.) destacan los restos del área sagrada de la ciudadela, con el Santuario del que se conservan diversos muros, solerías y habitaciones. Además, varias plataformas delimitadas por muros de piedra o ladrillos de barro que podrían haber sido utilizadas como patios para almacenamiento. En el área B se han excavado, principalmente, los restos de varias casas privadas.

Finalmente, y en relación con el último periodo de ocupación, el periodo Medieval, se han excavado restos solo en la zona B, que corresponden a arquitectura doméstica y espacios abiertos utilizados como áreas de trabajo. La arquitectura está construida mediante muros de dos hileras empleando bloques de piedra irregulares sin el uso de ningún aglomerante.



Fig. 8. Fotografías de restos arqueológicos de construcciones encontradas en el interior de la ciudadela (tomadas de ISAW, 2014).

En cuanto a la preservación de Kinik Höyük es importante señalar que los yacimientos arqueológicos, que han estado cubiertos por la tierra, han pasado mucho tiempo bajo unas condiciones de temperatura y humedad constantes, pero tras ser desenterrados, son expuestos a las condiciones meteorológicas (lluvia, radiación solar no, nieve durante el invierno, etc.). Las condiciones climáticas del lugar influyen negativamente en su conservación ya que se caracteriza por fuertes contrastes de temperatura entre el invierno y el verano (d'Alfonso et al, 2014).

El estado actual de la muralla es el siguiente: la mampostería de piedra no presenta mucha degradación, solamente depósitos de tierra y polvo producidos por el viento. Durante las excavaciones, la superficie fue limpiada con agua, lo que produjo la aparición de musgo. El elemento más frágil es el revestimiento de barro, ya que sufre en poco tiempo desintegración granular por acción de las condiciones atmosféricas.

4. Materiales

Este apartado se centra en la descripción de los materiales de las muestras analizadas en el estudio. Las muestras se tomaron en una campaña de campo en el marco del proyecto internacional antes mencionado y fueron proporcionadas por el Dpto. di Scienze della Terra e dell'Ambiente de la Universidad de Pavia.

Se han analizado un total de 14 muestras que corresponden a diferentes partes de la excavación arqueológica: la muralla, la rampa defensiva, ladrillos y revestimientos de las áreas A (zona norte de la excavación, Fig. 4) y B (zona central de la excavación y parte superior del montículo, Fig. 4).

A continuación, se describen brevemente los diferentes tipos de materiales analizados:

Una muestra (A1) ha sido tomada del revestimiento de barro, que tiene

un color beige-grisáceo, de la zona norte de la muralla urbana, descrito anteriormente en el apartado de “análisis constructivo” (Figs. 5, 6 y 7).

La muestra (A10) pertenece a la rampa defensiva adosada a la muralla urbana en la zona este de la excavación. El material es una tierra marrón amarillenta, como se aprecia en la Fig. 9A.

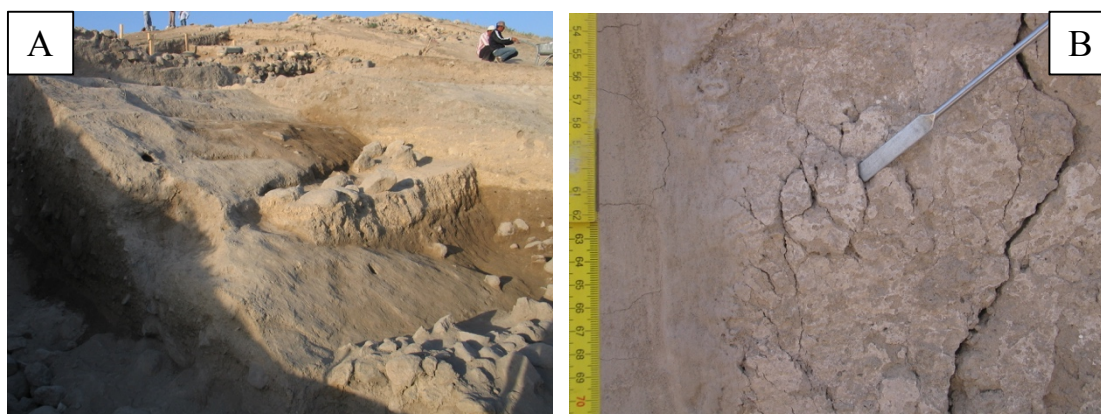


Fig. 9. A) Rampa defensiva de tierra. B) Revestimiento de tierra cruda con acabado blanquecino.

Tres de las muestras (A11b, A23, A27) pertenecen a revestimientos de las paredes de las construcciones encontradas en el área A. Son revestimientos de tierra cruda de color beige-grisáceo. Algunos presentan un acabado blanquecino (A11b, A27) (Fig. 9B).

Otras tres muestras (A14, A17, A29) pertenecen a ladrillos que forman parte de las paredes de las construcciones encontradas en el área A. Estos ladrillos son de adobe y tienen un color beige-grisáceo, sus dimensiones son bastante variables (desde decimétricas a métricas) (Fig. 10A).

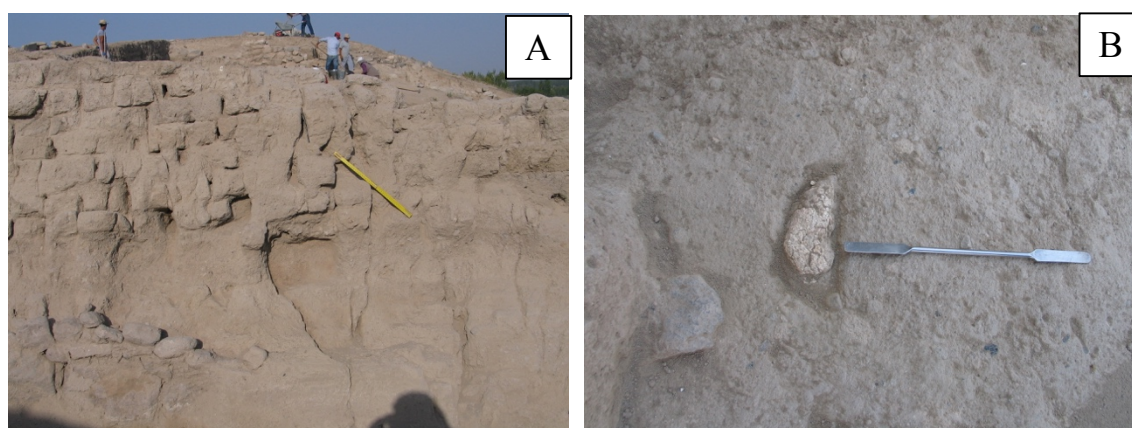


Fig. 10. A) Ladrillos de adobe que componen parte de las construcciones del yacimiento. B) Pavimento con fragmento de color blanco adherido.

Dos muestras (A18, A32) pertenecen a pavimentos de las construcciones encontradas en el área A. En concreto la A18 corresponde a un fragmento de color blanco adherido al pavimento (Fig. 10B) y la A32 está tomada de un fragmento de pavimento encontrado en el muro oeste que tiene

un acabado blanco.

La muestra (A20) pertenece a un estrato cinerítico, de unos 10 cm de espesor, que contiene piedra pómez encontrado en una construcción del área A (Fig. 11A).

Dos muestras (B1, B6) corresponden a revestimientos de las construcciones encontradas en el área B. El correspondiente a la muestra B1 se encuentra en el lado sur y es de tierra cruda con un color grisáceo. El correspondiente a la muestra B6 se encuentra en el lado este y está hecho de un mortero de color beige-blanco y consistencia dura (Fig. 11B).

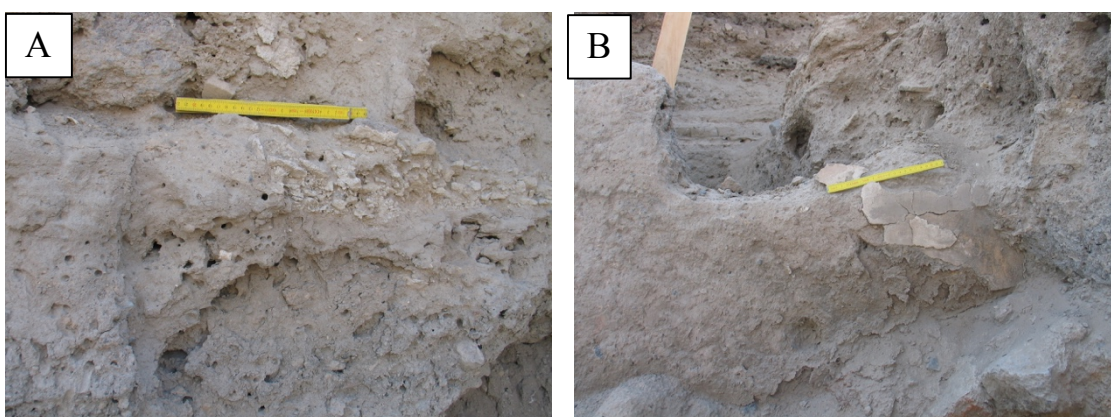


Fig. 11. A) Estrato cinerítico encontrado en una de las construcciones. B) Revestimiento de mortero de consistencia dura.

Finalmente, la muestra (B8) está tomada de los ladrillos de las construcciones encontradas en el lado norte del área B. Tienen dimensiones decimétricas variables y están hechos de adobe y presentan un color beige-grisáceo.

5. Métodos

En este apartado se describen las diferentes técnicas de análisis combinado que se han llevado a cabo con el fin de obtener, confirmar y completar información específica para dar respuesta a los objetivos de este trabajo.

5.1. Observación mediante lupa/video-microscopio. Las muestras han sido estudiadas y fotografiadas directamente, sin ninguna preparación, mediante esta técnica para tener una imagen, a nivel de visu ampliada, de cada una de ellas y conocer algunas características macroscópicas específicas tales como la textura, morfología, granulometría o color. El equipo empleado es el modelo VDM 2000 de Leica, con software Leica Application Suite V.3.8.0.

5.2. Microscopía óptica de polarización (MOP). Esta técnica se ha llevado a cabo para realizar una primera caracterización petrográfica, identificando fases minerales y texturas de las muestras. Para ello, se prepararon láminas delgado-pulidas de las muestras, que se observaron con el microscopio Carl Zeiss Jenapol-U equipado con cámara digital Nikon D7000 (Fig. 12B), todo ello en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la UGR.



Fig. 12. A) Lupa/video-microscopio VDM 2000 Leica de la UGR. B) Microscopio de MOP Carl Zeiss Jenapol-U de la UGR.

5.3. Difracción de Rayos X (XRD). Esta técnica se ha realizado con el fin de identificar las fases minerales presentes en las muestras. Se han utilizado dos equipos diferentes, por un lado, el difractómetro para polvo Philips PW1800/10 con Software de gestión y elaboración de datos X'Pert High Score v.4.6a (PANalytical) del Dipartimento di Scienze della Terra e Dell'Ambiente de la Università degli Studi di Pavia (UNIPV), por otro lado, el difractómetro PANalytical X'Pert Pro, equipado con un detector lineal de estado sólido X'Celerator, del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada (UGR) (Fig. 13A). El método utilizado ha sido el de polvo. Algunas de las muestras han sido separadas granulométricamente mediante tamices (Fig.

13B) con el fin de determinar la variabilidad de la mineralogía según tamaño de grano (separando la fracción de entre 1 mm y 0,2 mm, entre 0,2 mm y 63 μm y la menor de 63 μm). Las muestras han sido molidas con un mortero de ágata previamente (Fig. 13C) a su colocación en un portamuestras (Fig. 13D). En algún caso, granos con apariencia monominerálica y superficie bastante plana se han colocado directamente en otro tipo de portamuestras para su análisis. Las condiciones experimentales han sido: en el caso del difractor de la UGR, radiación $\text{CuK}\alpha$, voltaje de 45kV y 40mA de intensidad, paso entre puntos de medida de $0,01^\circ 2\theta$ y tiempo de conteo en cada punto de 10 segundos, en algún caso se utilizó una distancia entre puntos de $0,004^\circ 2\theta$ y un tiempo en cada punto de 30 segundos. En el caso del difractor de la UNIPV, radiación $\text{CuK}\alpha$, voltaje de 45kV y 35mA de intensidad y una velocidad de barrido de $1^\circ 2\theta/\text{min}$.

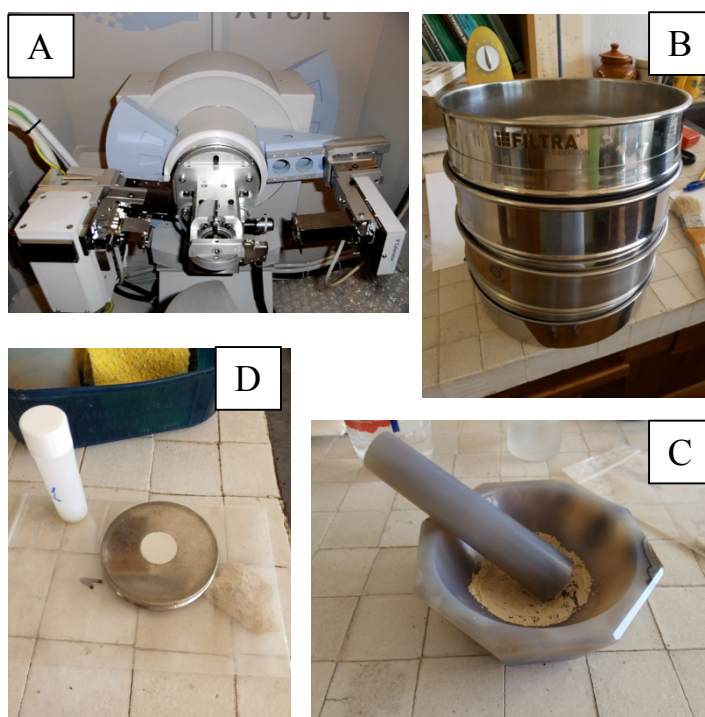


Fig. 13. A) Difractómetro PANalytical X'Pert Pro de la UGR. B) Tamices para separación granulométrica. C) Mortero de ágata para moler las muestras a polvo. D) Portamuestras para difracción de Rayos X.

5.4. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre lámina delgado-pulida. Las láminas previamente estudiadas mediante MOP fueron metalizadas con carbono (C) y analizadas mediante el microscopio de barrido de presión variable (VPSEM) Zeiss SUPRA40VP del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR. Mediante esta técnica se han analizado algunas zonas de interés previamente observadas y difícilmente identificables con MOP para determinar su composición química mediante análisis puntuales o de área. También se han elaborado mapas composicionales, en los cuales se identifican, mediante

distintos colores, los elementos en cada punto de la muestra; gracias a ellos se puede observar la distribución y concentración de cada elemento en la muestra e identificar los minerales constituyentes.

5.5. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre fragmentos. Esta técnica se ha empleado para observar las características morfológicas y texturales de los granos, así como para determinar la composición química cualitativa de algunos cristales. El equipo utilizado ha sido el microscopio modelo Auriga, Carl Zeiss SMT del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR. Las muestras han sido preparadas previamente tomando un pequeño fragmento, que ha sido secado en una estufa a una temperatura de $70\pm 5^\circ\text{C}$ durante 8 horas, metalizado con carbono (C) y colocado en un portamuestras.

5.6. Microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de electrones y análisis composicional (AEM) sobre polvo depositado en rejilla. Para estos estudios se han seleccionado dos muestras, una de ladrillo y otra de revestimiento. Las 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). El microscopio utilizado fue el Titan del CIC de la UGR (Fig. 12) 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. Se obtuvieron análisis químicos cuantitativos (TEM-AEM) en modo STEM, con un detector SuperX y mapas composicionales de áreas concretas. Los espectros individuales, correspondientes a cada píxel, de áreas homogéneas se sumaron para producir el espectro promedio de toda el área analizada. Se utilizaron patrones de albita, biotita, moscovita, espesartina, olivino y titanita para obtener factores K para la transformación de las relaciones de intensidad en relaciones de concentración, de acuerdo con Cliff y Lorimer (1975). Las fórmulas estructurales de la esmectita se calcularon sobre la base de 22 cargas negativas, es decir, $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Todo el Fe se ha considerado como trivalente.

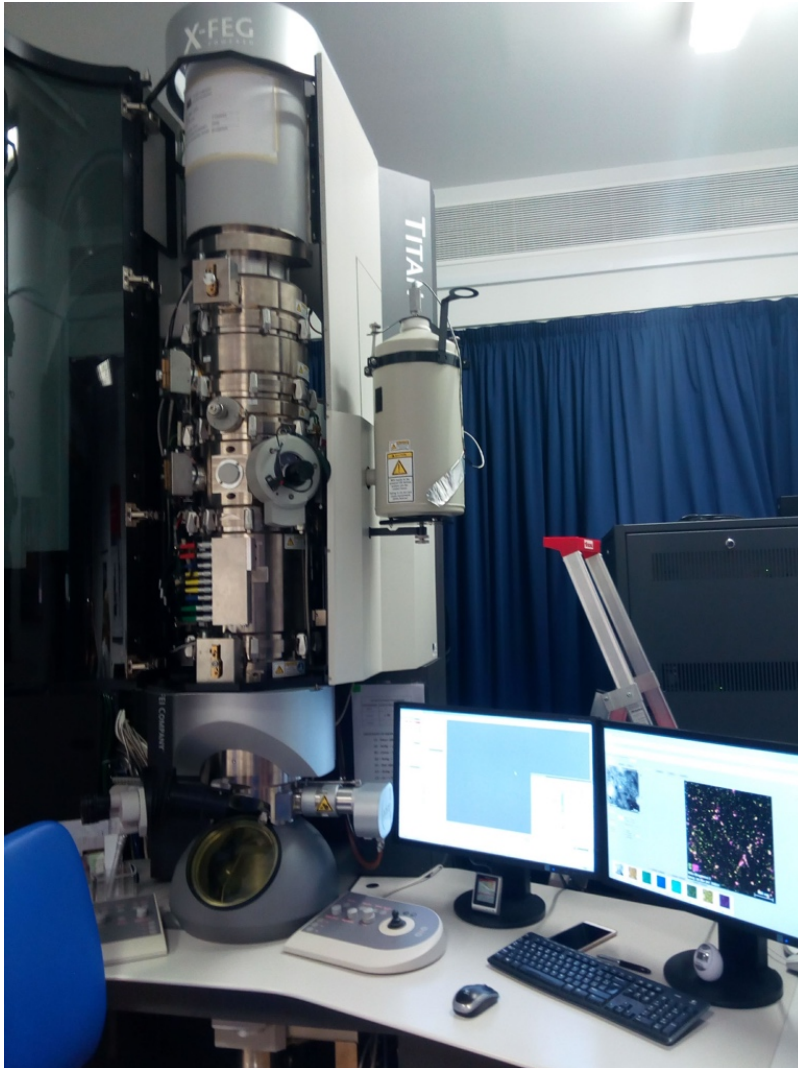


Fig. 14. Microscopio electrónico de transmisión (TEM) Titan del CIC de la UGR.

6. Resultados y discusión

En este apartado se realiza una descripción de la información obtenida mediante cada técnica de análisis con el fin de caracterizar los materiales que conforman el sitio arqueológico de Kınık Höyük.

6.1. Observación mediante lupa/video-microscopio

Las 14 muestras han sido observadas, estudiadas y fotografiadas mediante esta técnica con el fin de obtener información de las muestras tal y como se tomaron in situ, sin que hayan sufrido ningún tipo de modificación o preparación. De esta forma se puede tener una idea general del color, granulometría, cohesión entre granos, textura, morfología de granos e incluso hacer una estimación de la mineralogía a mayor nivel de aumento de imagen que a simple vista y menor que con microscopía óptica.

En general, todas las muestras presentan una apariencia similar (Fig. 15A): arenas volcánicas de tamaño de grano fino con algunos granos de mayor tamaño inmersos en ellas, algunos apreciables a simple vista con tamaños de hasta 2 o 3 mm. Son relativamente compactas, pero pueden ser fácilmente desmenuzables de forma manual, sin necesidad de utilizar ningún instrumento. El color general es beige-grisáceo en lo que respecta a las arenas, los granos presentan colores variables, desde colores oscuros propios del vidrio volcánico o de algunos minerales comúnmente presentes en rocas volcánicas, tales como piroxenos, anfíboles o micas, a colores más blancos y grisáceos propios del cuarzo, feldespatos o las sales, también es común observar algunas zonas de color más amarillento, relacionadas con óxido/hidróxidos. Es también habitual encontrar en la mayoría de las muestras numerosos poros y fisuras. Algunas de ellas presentan una fina capa de color blanco (Fig. 15B) que se corresponde con aquellas muestras pertenecientes a revestimientos con un acabado externo (posiblemente de cal). En la mayoría de muestras no se observan diferencias significativas entre las que han sido tomadas de ladrillos y las que son de revestimientos.

Se aprecian diferencias en algunas de las muestras con respecto a la descripción general anterior. Así, la muestra A18 (Fig. 15C), que proviene de un fragmento adherido a un pavimento (Fig. 10B) destaca por su color blanco y el tamaño de grano muy fino, imposible de estimar mediante esta técnica, ya que no se aprecian granos diferenciados. Presenta, además, algunas fisuras.

Otra de las muestras cuyo aspecto difiere del resto es la A20 (Fig. 15D), que corresponde a un estrato cinerítico encontrado en una de las construcciones (Fig. 11A). La principal diferencia es la mayor cohesión entre granos, que hace que posea una mayor resistencia a ser fragmentada o desmenuzada manualmente. El color es beige-grisáceo como las demás, pero

presenta una mayor abundancia de granos, y los poros y las fisuras son menos abundantes en esta muestra que tiene un aspecto general menos arenoso.

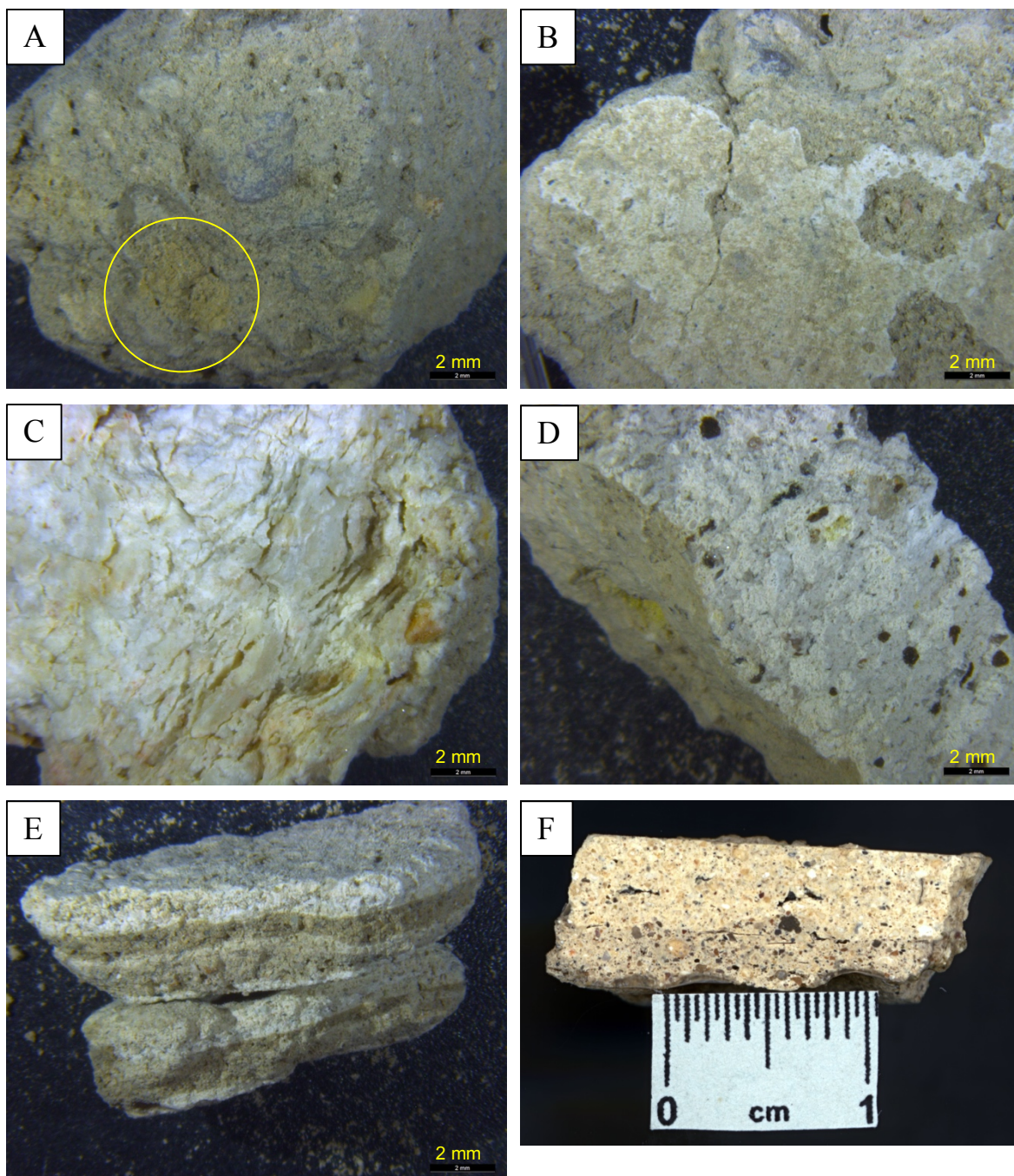


Fig. 15. A) Ejemplo de una muestra (A14) representativa del aspecto general que presentan la mayoría de las muestras estudiadas. Se puede apreciar el color beige-grisáceo de las arenas, con fragmentos de diferentes tamaños y colores incluidos en ellas, también se observan zonas más amarillentas (círculo amarillo) debido a oxi/hidróxidos de hierro. B) Ejemplo de una de las muestras de revestimiento con acabado blanco (A27). C) Imagen de la muestra A18, de color más blanco, en la que puede apreciarse el fino tamaño de grano que posee. D) Muestra A20 en la que se puede observar una mayor presencia de fragmentos de roca. E) Muestra A32 en la que se pueden apreciar tres capas de diferente color. F) Muestra B6 en la que puede observarse la matriz blanca muy compacta que engloba a los áridos.

La muestra A32, perteneciente a un fragmento de pavimento, también presenta un aspecto distinto al resto. Como se aprecia en la Fig. 15E, la está compuesta de tres capas diferentes, una superior de color blanco, una intermedia de color beige-marrón más oscuro y una tercera con color beige más claro. Como es general, se puede fragmentar manualmente sin problemas y presenta granos de mayor tamaño, poros y fisuras.

Finalmente, la muestra B6 (Fig. 15F) (perteneciente a un revestimiento de una pared en una de las construcciones; Fig. 11B) es, con diferencia, mucho más dura y compacta que las demás y hace falta la ayuda de algún instrumento, como un martillo, para poder fragmentarla. Tiene aspecto de mortero con áridos de diferentes tipos, con tamaños de hasta 1 mm y colores variables, la matriz es de color blanquecino. Presenta algunos poros y fisuras, pero en menor medida que las demás.

6.2. Difracción de rayos X (XRD)

Esta técnica ha sido empleada para determinar las fases minerales presentes en cada una de las muestras. Se ha realizado sobre la totalidad de las muestras procedentes de las construcciones y sobre material del terreno del montículo (T1 y T4 en tabla 1), para comparar y ver la procedencia de materiales y comprobar la presencia de otros materiales añadidos durante su construcción o reparaciones.

En algunas muestras, también se han realizado separaciones de granos aislados o partes de la muestra para afinar su caracterización. Por ejemplo, se ha hecho en acabados blancos de revestimientos (A27_ costra y A 32_ costra), en los que se obtiene una mayor cantidad de calcita que en las muestras total, lo que indicaría que este acabado habría sido elaborado con cal; también se ha realizado en un grano concreto de color blanco encontrado en el mortero más endurecido (B6_ blanco) en el que se ha encontrado tridimita.

En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos mediante difracción de rayos X en las muestras estudiadas y en el Anexo I se presentan los difractogramas correspondientes, señalando la reflexión principal de cada fase presente. Como se puede observar en la tabla 1, no se aprecian mayores diferencias entre la mineralogía del terreno y los materiales que conforman las construcciones del asentamiento. En casi todas las muestras se encuentran en mayor o menor medida minerales como cuarzo, plagioclasa, calcita, cristobalita y mica, con alguna presencia de piroxenos, alfiboles, tridimita y sales como el yeso o la halita. La presencia de calcita en el terreno indica que no tiene por qué haberse añadido cal a la propia materia prima utilizada en las construcciones (a excepción de en los acabados de revestimientos). Se aprecia una mayor cantidad de calcita en la fracción más fina del terreno (T4), lo que

posiblemente indique que esta va a formar parte de la fracción microcristalina de las muestras.

Tabla 1. Composición mineralógica obtenida mediante XRD de las muestras estudiadas (ver ANEXO I para difractogramas).

Muestra	Fases mayoritarias	Fases minoritarias
A1	calcita, plagioclasa, cuarzo	crystalita, yeso, halita, piroxeno
A10	calcita, plagioclasa, cuarzo	anfíbol, crystalita, mica
A11b	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, piroxeno, mica
A14	calcita, plagioclasa, cuarzo, crystalita	tridimita, piroxeno, mica
A17	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
A18	cuarzo	-
A20	crystalita, plagioclasa, sanidina	calcita, cuarzo
A23	calcita, plagioclasa, cuarzo, crystalita	piroxeno, mica
A27	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
A27_costra	calcita, plagioclasa, cuarzo	crystalita, mica
A29	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
A32	plagioclasa, cuarzo	calcita, mica, crystalita
A32_costra	calcita	-
B1	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
B6	calcita	plagioclasa, cuarzo
B6_blanco	cuarzo, calcita, tridimita	-
B8	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
T1	crystalita, plagioclasa, cuarzo	calcita, mica
T4	crystalita, plagioclasa, cuarzo, calcita	mica

6.3. Microscopía óptica de polarización (MOP)

Se han realizado láminas delgado-pulidas de seis muestras para su estudio mediante MOP. Debido a la baja coherencia de las muestras estas se han endurecido previamente con resina. Gracias a esta técnica se ha conseguido tener un mayor conocimiento de las características mineralógicas y texturales de las muestras, así como de la morfología de los granos y las fases minerales que las componen.

Tres de las muestras han sido tomadas de revestimientos, una de ellas del revestimiento de la muralla (A1) y las otras dos de construcciones, siendo una de tierra cruda (A11b) y otra de un mortero endurecido (B6). Las otras tres muestras restantes (A14, A17 y B8) corresponden a ladrillos.

En general, las muestras presentan un aspecto similar. Tal y como se observó mediante la lupa/video microscopio los poros y las fisuras son bastante

abundantes, a excepción de la muestra B6 (Fig. 16A) que es mucho más compacta.

Las muestras presentan una matriz de grano fino de color marrón claro con zonas amarillentas o pardas según la presencia de oxi/hidróxidos de Fe (Fig. 16B). Esta matriz representa más del 80% de la muestra y contiene, probablemente, abundante material ignimbrítico. El tamaño de los cristales hace que sean, en su mayor parte, indeterminables ópticamente, aunque se distinguen, principalmente, pequeños cristalitas de carbonatos (calcita).

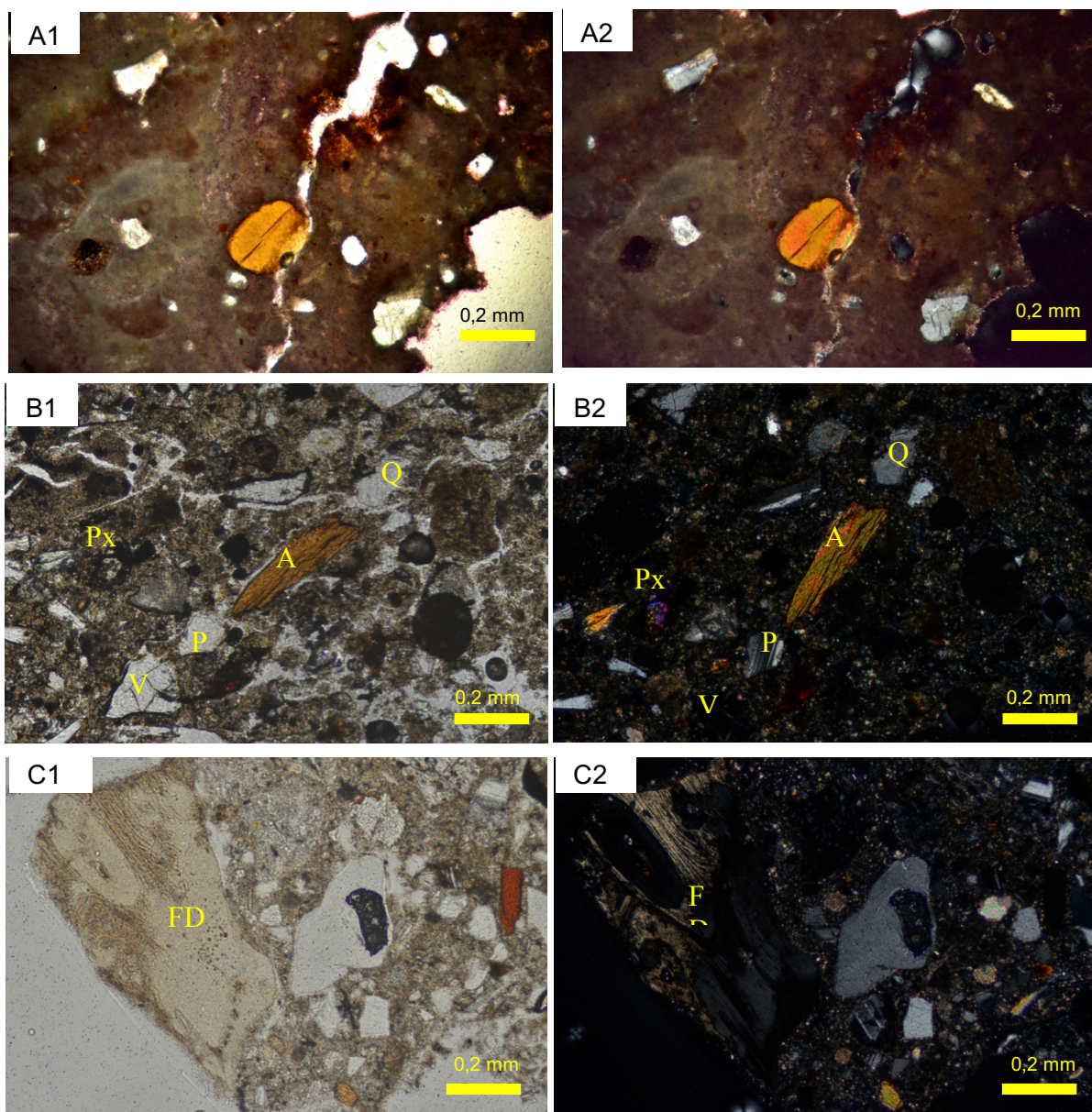


Fig. 16. A1 y A2, imágenes al microscopio óptico de la muestra B6 (A1: un polarizador; A2: polarizadores cruzados). B1 y B2, imágenes al microscopio óptico de la muestra B1, en las que se observan cristales de cuarzo (Q), plagioclasa (P), piroxeno (Px), anfíbol (A) y fragmentos de vidrio volcánico (V) incluidos en una matriz de grano fino de color amarillento o marrón (B1: imagen con un solo polarizador; B2: imagen con polarizadores cruzados). C1 y C2, imágenes al microscopio óptico de la muestra A17 en las que se observa un fragmento dental en la parte izquierda (C1: un polarizador; C2: polarizadores cruzados).

En alguna muestra se han encontrado fragmentos dentales (FD) (Fig. 16C).

La matriz incluye tanto granos monominerálicos como fragmentos de rocas, aunque predominan los primeros. El tamaño de estos granos/fragmentos es variable, aunque el más común está comprendido entre 0.15 y 0.4 mm. La morfología también es variable, y se encuentran desde granos redondeados a angulosos, indicando en general un transporte bastante corto de los materiales. Los granos corresponden mayoritariamente a feldespatos (plagioclasas, P), seguido de cuarzo (Q), con cantidades muy pequeñas de cristales de micas (biotita), anfíboles (A), piroxenos (Fig. 16B) y olivino. Cristales de menas metálicas opacas y de oxi/hidróxidos aparecen tanto dispersos como acumulados por toda la muestra. No se han encontrado cristales de calcita, al menos de tamaño medio, por lo que esta se encuentra solo de forma microcristalina en la matriz, lo que concuerda con lo observado en XRD.

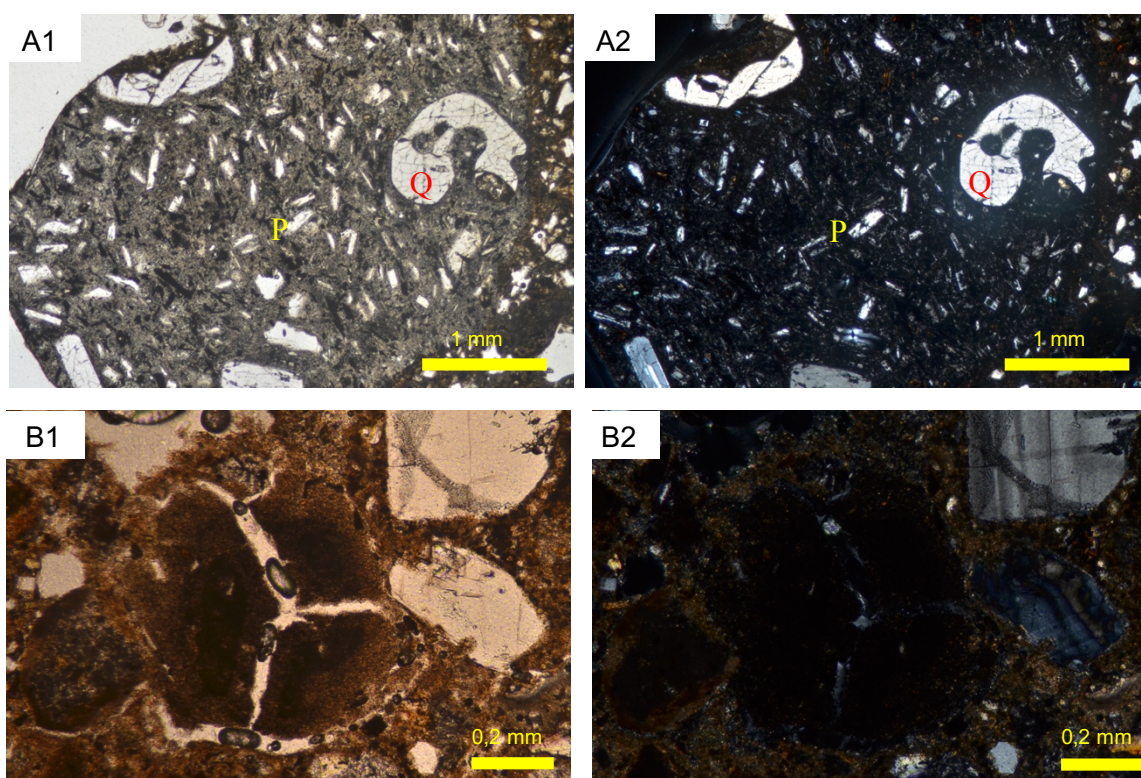


Fig. 17. A1 y A2, imágenes al microscopio óptico de la muestra A14, en las que se observa un fragmento de roca con cristales pequeños alargados de plagioclasa (P) y otros de mayor tamaño redondeados de cuarzo (Q). (A1: imagen con un solo polarizador; A2: imagen con polarizadores cruzados). B1 y B2, imágenes al microscopio óptico de la muestra A14 en las que se aprecia un fragmento de vidrio presente como agregado redondeado con grietas. (B1: un polarizador; B2: polarizadores cruzados).

Los fragmentos de roca (Fig. 17A) se presentan con morfologías y texturas bastante variables, con formas tanto angulosas como redondeadas, y tamaños desde unas decenas de micras a varios mm. Son de naturaleza variada y corresponden a vidrio volcánico (V en Fig. 16A) y a diferentes tipos

de rocas volcánicas, desde composiciones básicas (basaltos principalmente), pasando por intermedias (andesitas) a ácidas (riolitas). Los fragmentos de vidrio son muy comunes, son transparentes o de color grisáceo con un polarizador y se identifican fácilmente por su extinción completa al cruzar los polarizadores debido a su naturaleza amorfa.

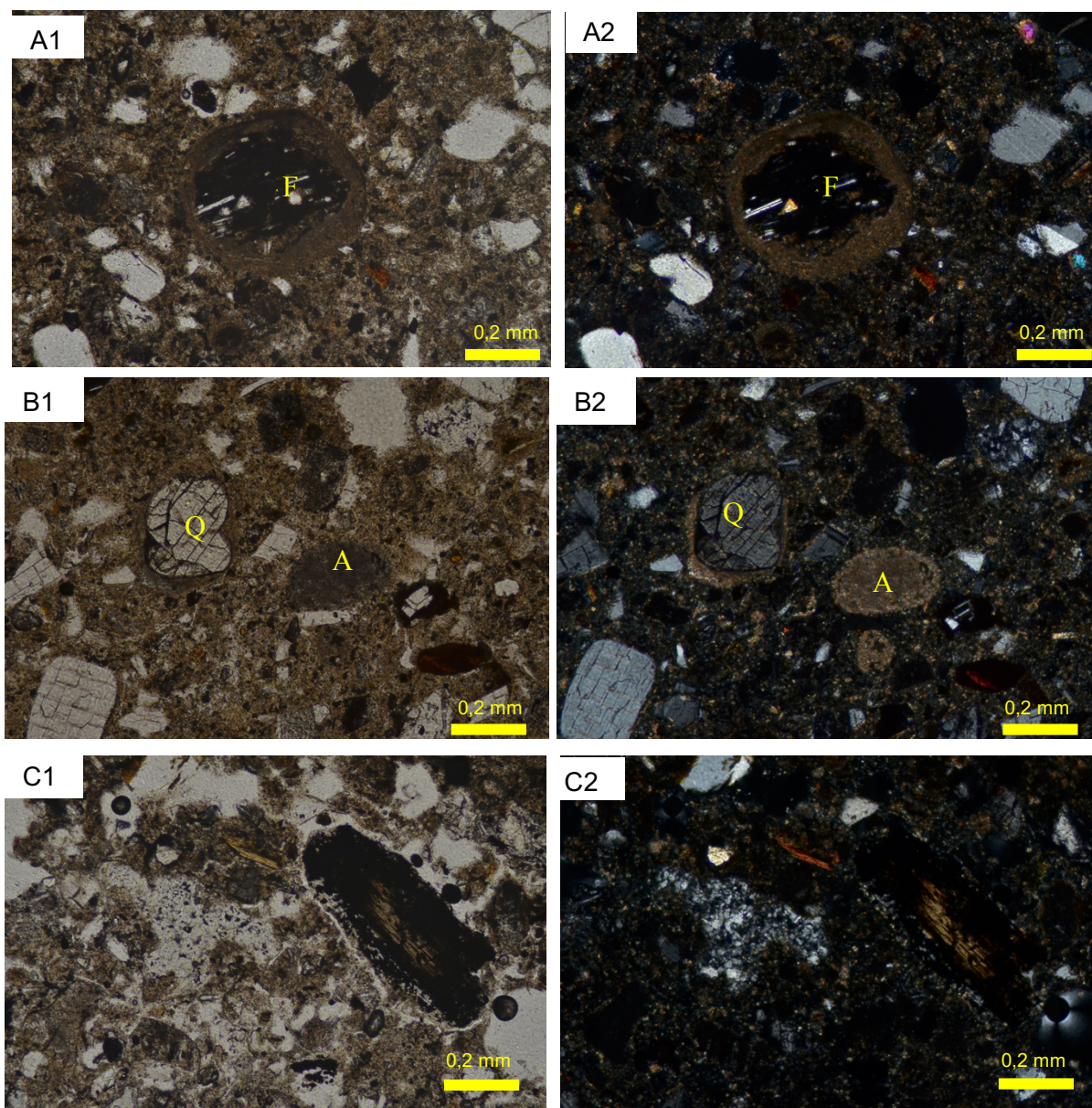


Fig. 18. A1 y A2, Imágenes al microscopio óptico de la muestra A11b en las que destaca un fragmento de vidrio volcánico (F) que incluye cristales de plagioclasa, rodeado por una aureola de grano muy fino (A1: imagen con un solo polarizador; A2: imagen con polarizadores cruzados). B1 y B2, imágenes al microscopio óptico de la muestra B8 en la que se aprecia bordes de grano muy fino desarrollados sobre un cristal de cuarzo (Q) con forma redondeada y, a su derecha, sobre un aglomerado (A) de la misma naturaleza que el borde (B1: un polarizador; B2: polarizadores cruzados). C1 y C2, imágenes al microscopio óptico de la muestra A1 en las que destaca un cristal de biotita con aureola de óxidos de Fe y, a su izquierda, un relleno de cuarzo microcristalino (C1: un polarizador; C2: polarizadores cruzados).

Destaca también la presencia de algunos fragmentos de roca volcánica (F) y granos individuales de silicatos que presentan un borde alrededor de tamaño de grano muy fino y color marrón (Fig. 18A y 18B). Estos bordes se han observado también alrededor de cristales de cuarzo (Q) y aglomerados de calcita (A) (Fig. 18B).

6.4. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre lámina delgado-pulida

Mediante esta técnica se han estudiado algunos puntos de interés, previamente observados en MOP, de los que se quería obtener una información complementaria, realizando análisis composicionales (puntuales o de área) con EDX, cuya información queda registrada en espectros de elementos. Se han estudiado las mismas muestras que en MOP a excepción de la B6. Se han obtenido, además, imágenes de electrones retrodispersados y mapas composicionales de elementos.

Mediante los análisis composicionales se han podido identificar o confirmar la naturaleza de algunos de los fragmentos, minerales, alteraciones y aureolas observadas en MOP. Algunos ejemplos se muestran en la figura 19. Así, el fragmento dental que se muestra en la Fig. 16C posee grandes cantidades de P y Ca (Fig. 19A), y en él se pueden distinguir dos zonas, una que sería correspondiente a la dentina y otra, de contraste más oscuro, al esmalte en cuya zona se concentra el Cl en forma de cloroapatito. Se han analizado puntualmente fragmentos de vidrio volcánico para confirmar que tengan composiciones que concuerden con la del vidrio y, en general, se han obtenido composiciones ricas en sílice con cantidades variables de otros elementos como Fe, Mg, Na, Al, Ca y K (Fig. 19B). También se han chequeado algunas fases como los cristales de cuarzo (Fig.17C) y biotita (17D). En esta última, los análisis en la zona de reacción que la rodea han mostrado que la composición de las menas corresponde a óxidos de Fe y Ti (ilmenita).

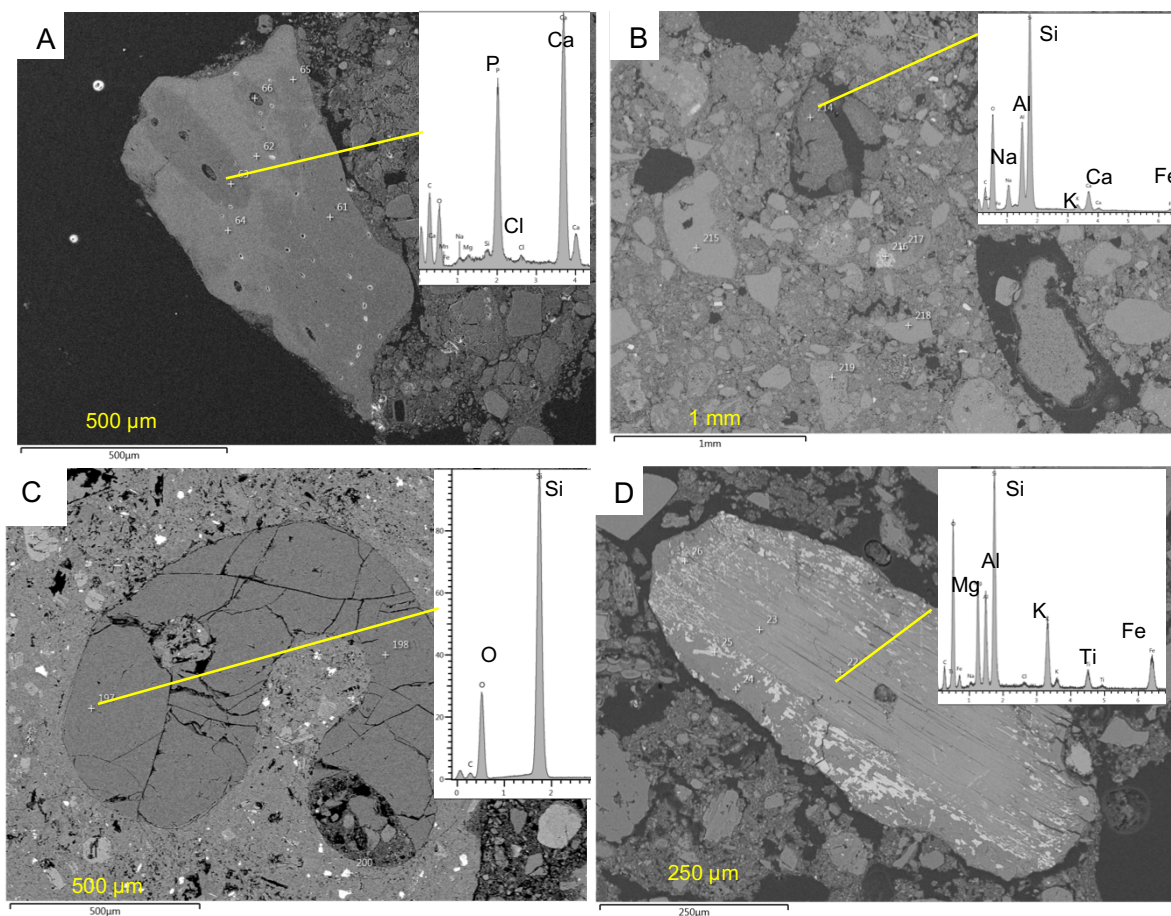


Fig. 19. Imágenes de SEM obtenidas mediante electrones retrodispersados con sus espectros correspondientes. A) Fragmento dental de la muestra A17. B) Fragmento redondeado de vidrio volcánico y composición silícea, de grano muy fino y fracturación (muestra A14). C) Cristal con morfología redondeada y golfos de corrosión (cuarzo) de la muestra A14. D) Cristal de biotita alterado con óxidos de Fe y Ti de la muestra A1.

Además, se han realizado cinco mapas composicionales de elementos en algunos granos de especial interés (ver ANEXO II) con el fin de tener una información detallada sobre la distribución de los elementos en los granos. En la Fig. 20 se muestran dos ejemplos. El primero corresponde, en su mayor parte, a un fragmento de roca volcánica compuesto principalmente por vidrio y cristales de plagioclasa (Fig. 20A). La distribución de elementos (Si, Al, Fe, Ti) confirma las observaciones en MOP, e indica que el color oscuro que presenta en lámina delgada se debe a una alteración del vidrio y acumulación de oxi/hidróxidos de Fe y Ti. El borde de reacción que lo rodea está formado en su mayor parte por Ca, correspondiendo, probablemente, a un agregado microcristalino de calcita.

El agregado con el mismo aspecto que el borde (Fig. 20B) tiene una composición cálcica en su mayor parte, muy similar a lo observado en el borde.

Así se puede confirmar lo que se había previsto mediante MOP en lo relativo a la misma naturaleza de los bordes y los agregados.

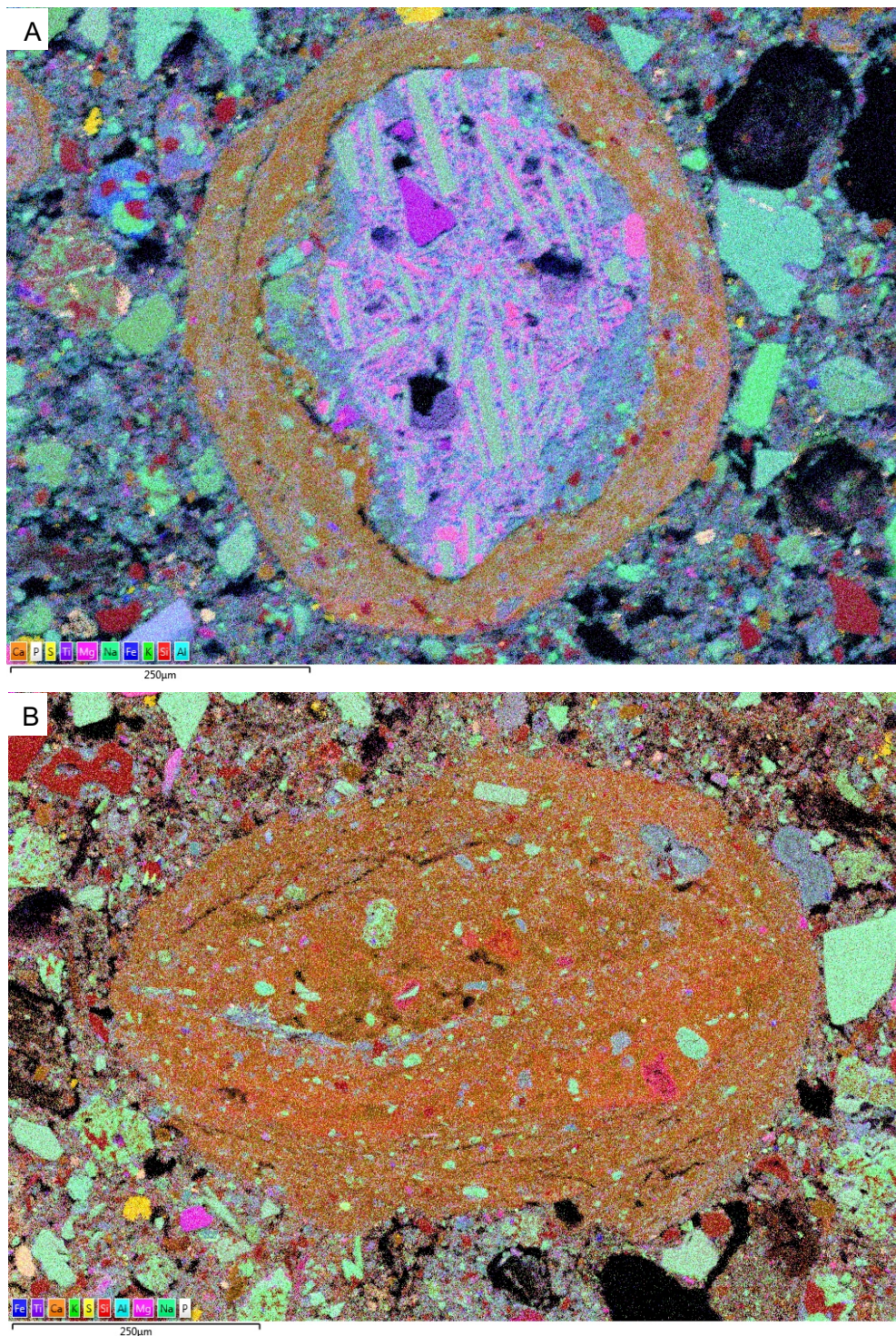


Fig. 20. A) Mapa composicional de elementos (muestra A11b) de un fragmento de roca volcánica rica en vidrio y cristales de plagioclasa sobre el que se ha desarrollado una amplia aureola rica en Ca. B) Mapa composicional de elementos (muestra A11b) de un agregado de grano fino compuesto principalmente por Ca.

6.5. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis composicional mediante EDX sobre fragmentos

Nueve fragmentos de nueve muestras han sido estudiados y analizados mediante imágenes de electrones secundarios y análisis composicional EDX. En este caso se puede apreciar la morfología y textura de los materiales en relieve, y describir su morfología y las relaciones texturales entre ellos y la matriz. Los análisis EDX se realizaron tanto en cristales concretos como en partículas que conforman la matriz.

Se han podido identificar algunas fases que no se habían encontrado con otras técnicas como MOP o SEM sobre lámina delgada, pero que aparecían en los análisis de XRD, tales como el yeso o la halita (Fig. 21). En la figura 21A se pueden observar cristales de halita en el interior de un poro y en la figura 21B un cristal de yeso.

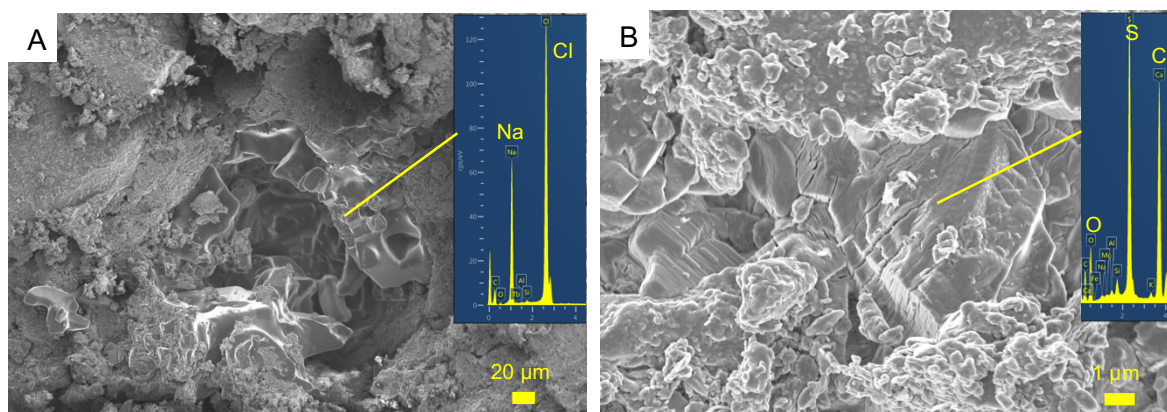


Fig. 21. Imágenes de SEM obtenidas mediante electrones secundarios con sus espectros correspondientes. A) Cristales de halita en el interior de un poro de la muestra A1. B) Cristal de yeso rodeado por las partículas que componen la muestra B8.

También se ha estudiado composicionalmente una película que recubre los gránulos y no permite reconocer del todo la morfología de estos, de hecho, como se puede apreciar en la Fig. 22A, las partículas están formadas a su vez de otras partículas más pequeñas que conforman una estructura relativamente porosa. Los análisis mediante EDX muestran composiciones silíceas con abundancia de calcio para las partículas y esta película que las recubre. Posiblemente estas composiciones tan ricas en Ca como las que se observan en la Fig. 22B sean debidas a la presencia abundante de calcita microcristalina formando la matriz y las composiciones silíceas procedan de minerales o vidrio de origen volcánico.

Se han estudiado las relaciones de intensidad de las líneas espectrales de los diferentes elementos de los espectros EDX con el fin de detectar la presencia de alguna fase de silicatos cálcicos hidratados (CSH), pero ninguno

de los análisis que se han realizado es compatible con las relaciones de intensidad correspondientes a los CSH.

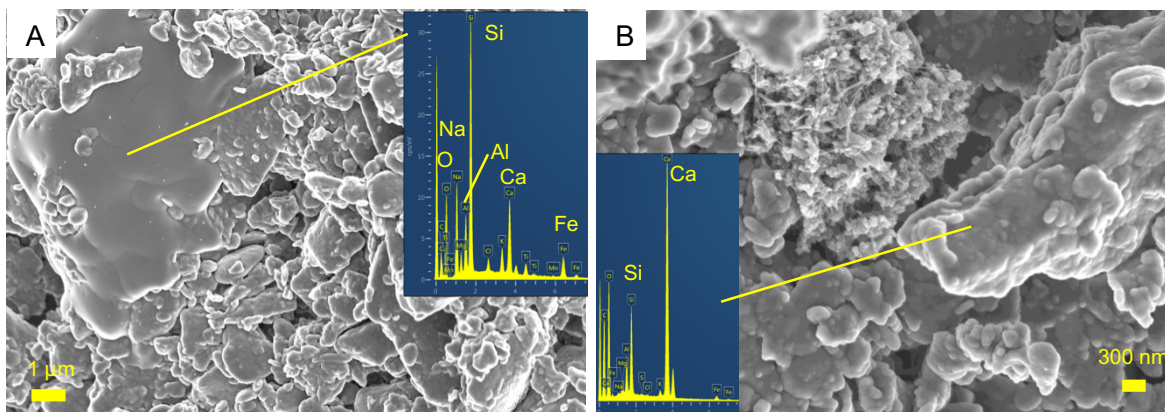


Fig. 22. Imágenes de SEM obtenidas mediante electrones secundarios con sus espectros correspondientes. A) Partículas que componen la muestra A1 y la película que las recubre. B) Partículas que componen la muestra A14 con composiciones muy ricas en Ca y sílice.

Además, se han podido reconocer algunos cristales comunes en rocas volcánicas que ya se habían observado mediante otras técnicas tales como el cuarzo, la plagioclasa (Fig. 23A), piroxenos y micas, así como algún cristal de olivino (Fig. 23B) posiblemente procedente del vulcanismo basáltico presente en la zona.

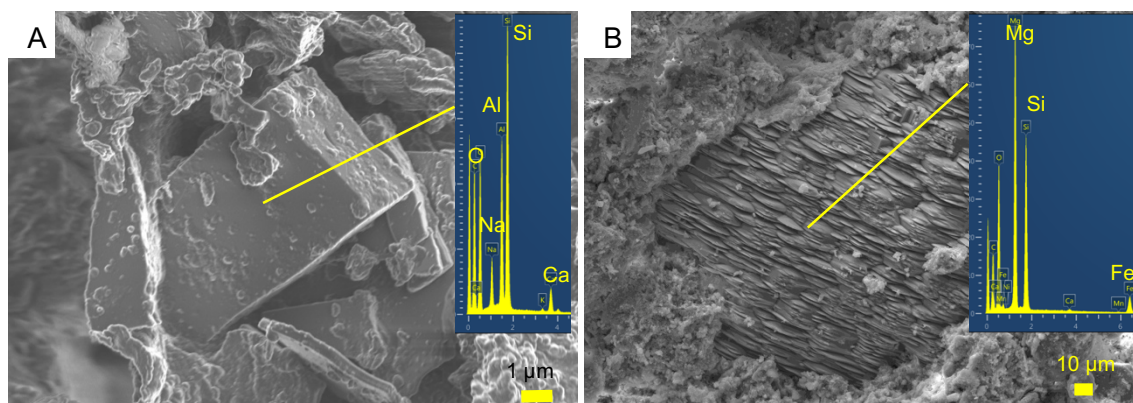


Fig. 23. Imágenes de SEM obtenidas mediante electrones secundarios con sus espectros correspondientes. A) Cristal de plagioclasa de la muestra A10. B) Cristal de olivino magnesiano (forsterita) de la muestra B8.

6.6. Microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de electrones y análisis composicional (AEM) sobre polvo depositado en rejilla

Esta técnica se ha utilizado en dos muestras seleccionadas, concretamente una de ladrillo (A14) y otra del revestimiento (B6) hecho a base del mortero más endurecido, ambas de construcciones.

La finalidad del empleo de esta técnica ha sido buscar la posible existencia de fases amorfas/nanocrystalinas 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 Kinik Höyük.

A diferencia de otras técnicas, con esta se han encontrado y se han podido estudiar bastantes minerales de la arcilla. Esto se debe a que su presencia está restringida a la fracción más fina y no en suficiente cantidad como para que aparezcan en XRD de muestra total. La muestra A14, tiene un contenido mayor en arcillas que la muestra B6, que presenta mayor contenido en carbonatos.

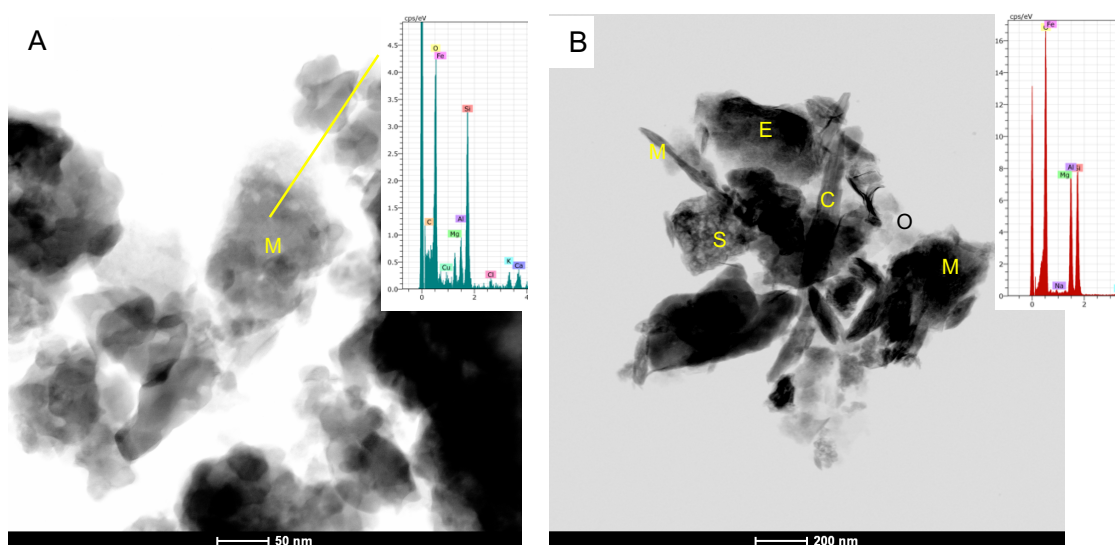


Fig. 24. A) Imagen de STEM de una partícula de esmectita tipo montmorillonita (M) de la muestra B6. B) Imagen de TEM de la muestra A14 mostrando un variado grupo de partículas con diferentes composiciones: montmorillonita (M), caolinita (C), sílice (S), óxidos de Mn y Pb (O), esmectita (E). En los recuadros interiores se incluyen los espectros de EDX correspondientes a montmorillonita (A) y caolinita (B).

Respecto a los minerales de la arcilla, se han observado partículas de esmectitas formando agregados de pequeñísimos cristales laminares (Fig. 24). Sus composiciones han sido determinadas mediante AEM. A partir de las intensidades registradas en los espectros de los elementos que las componen se han podido elaborar sus fórmulas estructurales (Tabla 2) y, con esta información, se han clasificado. Las tres esmectitas analizadas han resultado

ser montmorillonitas. En la Fig. 24A se presenta la correspondiente a la muestra B-6 256 y en la Fig. 24B la correspondiente a la muestra A-14 321.

Tabla 2. Fórmulas estructurales de esmectitas (basada en $O_{10}(OH)_2$) obtenidas a partir de intensidades de elementos en AEM-TEM de las muestras A14 y B6.

	A-14 303	A-14 321	B-6 256
Si	3,93	3,89	3,95
Al IV	0,07	0,11	0,05
Al VI	1,42	0,92	1,03
Fe*	0,33	0,31	0,17
Mg	0,31	1,03	0,79
Ca	0,06	0,03	0,29
K	0,08	0,23	0,29
Σ_{oct}	2,06	2,26	1,99
Σ_{inter}	0,20	0,28	0,58

Otros minerales de la arcilla detectados han sido caolinita (Fig. 24B) e illita, aunque se encuentra en menor cantidad en la preparación realizada para el TEM. Estos minerales de la arcilla se han identificado a partir de espectros composicionales realizados mediante EDX.

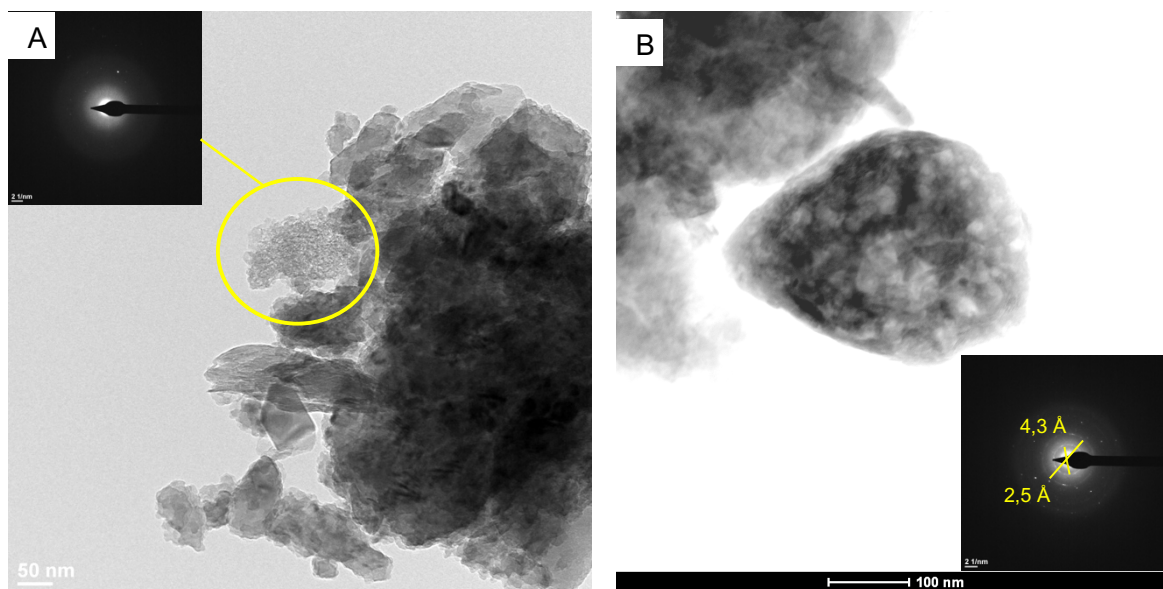


Fig. 25. A) Imagen de TEM de la muestra A14 en la que se aprecia una partícula de sílice amorfa junto con su difracción de electrones correspondiente. B) Imagen de STEM de la muestra A14 en la que se aprecia una partícula de tridimita, junto con su difracción y los espaciados correspondientes.

Además de los filosilicatos, se han observado en la preparación partículas de morfología esencialmente granular que difiere de los filosilicatos. A partir de los espectros de EDX y de la difracción de electrones sobre un área seleccionada (SAED) se han identificado fases amorfas de sílice (Fig. 25A) con

aspecto grumoso o granular, correspondientes a las primeras fases de alteración del vidrio volcánico. Otras partículas, también de aspecto granular y poroso, corresponden a agregados cristalinos de tridimita, como se deduce de su espectro EDX y de los espaciados de los anillos de difracción en la fotografía SAED (Fig. 25B).

Igual que ha ocurrido con otras técnicas, en el TEM se ha buscado con ahínco la posible presencia de las fases amorfas/nanocristalinas de silicatos cálcicos hidratados (CSH), pero no se han encontrado.

En las construcciones de los sucesivos asentamientos de Kinik Höyük se han utilizado y reutilizado, básicamente, dos grupos de materiales. Por una parte, hay un uso masivo de bloques de gran tamaño en la muralla defensiva y, también, en los muros de las edificaciones domésticas y por otra, materiales de grano fino utilizados para la elaboración de ladrillos, revestimientos, pavimentos, etc. Los bloques corresponden a diferentes tipos de rocas volcánicas que proceden de los depósitos coluviales de los volcanes cercanos, localizados a una decena de kilómetros y cuyos materiales llegan hasta las proximidades del asentamiento.

Los resultados experimentales muestran que los materiales con los que está construido el yacimiento arqueológico de Kinik Höyük son unas arenas volcánicas de grano fino que provienen de los propios materiales encontrados en la zona y no han sido modificados durante su construcción, a excepción de algunos revestimientos que están hechos de mortero endurecido o que tienen un acabado de cal. La mineralogía es típica de procesos de zonas volcánicas. Se han encontrado fases como cuarzo, cristobalita, tridimita, plagioclasa, mica, piroxeno, anfíbol, olivino y abundantes fragmentos de vidrio volcánico, además de otros minerales de origen sedimentario como calcita, yeso y halita, posiblemente procedentes de sedimentos lacustres de un paleolago. También se han encontrado minerales de la arcilla en pequeña cantidad como productos de alteración del vidrio volcánico.

A pesar de que la calcita está presente en la mayor parte de los diagramas de rayos X, al estudiar las muestras mediante MOP y microscopía electrónica no se ha encontrado en forma de granos de mayor tamaño. Se ha observado mayoritariamente como parte de la matriz con tamaño de grano muy fino y formando bordes alrededor de otros granos, así como en forma agregados microcristalinos.

Los resultados de XRD muestran unas cantidades importantes de cristobalita en la mayoría de las muestras y, también, se ha encontrado en menor proporción tridimita, ambas de baja temperatura. Estas fases no se han

podido distinguir en MOP ni en SEM, pero sí en TEM, por lo que posiblemente se encuentren formando parte de la matriz. Estos minerales son productos de alteración del vidrio volcánico, ya que este es inestable en la naturaleza y tiende a evolucionar hacia fases más estables. La primera fase de alteración del vidrio volcánico es el ópalo A (amorfo) y se correspondería con las partículas de sílice amorfa observadas mediante difracción en TEM. Posteriormente se empiezan a formar las primeras fases cristalinas: la cristobalita y la tridimita, conocidas con el término de ópalo CT. No obstante, hay que indicar que se ha identificado con XRD algún grano macroscópico, prácticamente monominerálico, de tridimita volcánica.

Mediante TEM ha sido posible identificar y caracterizar los minerales de la arcilla, que no se habían encontrado con otras técnicas, posiblemente porque se encuentran en poca cantidad en las muestras y quedan restringidas a la fracción más fina. Concretamente, se han identificado esmectitas, caolinita e illita. Las esmectitas han resultado ser en su mayoría montmorillonitas, el tipo de esmectita dioctaédrica más común, con Mg-Fe, y típica de alteración de materiales ferromagnesianos. Su origen más frecuente es el vidrio volcánico (Chamley, 1989) bastante abundante en las muestras. La montmorillonita junto con la cristobalita, la tridimita y la sílice amorfa representa también las primeras fases de alteración del vidrio.

En este trabajo se ha prestado especial atención a la posible presencia de silicatos cálcicos hidratados (CSH) debido a que estos juegan un papel importante en la preservación de materiales antiguos (Hodgkinson, 1999), como en el caso de las construcciones romanas con puzolana. A pesar de que se han buscado mediante diversas técnicas, no han sido encontrados. En los diagramas de rayos X no se ha detectado la presencia de tobermorita, fase cristalina de CSH. También se han estudiado las relaciones entre el Ca y el Si en los espectros realizados mediante análisis composicional EDX en SEM y no se ha encontrado ninguno que pudiese corresponderse con ninguna fase de CSH, por lo que las concentraciones elevadas de Ca presentes en algunos espectros posiblemente se deban a la contaminación por partículas de calcita de la matriz. Por último, en TEM se han reconocido mediante difracción las fases silíceas amorfas (Fig. 25A), pero no se han obtenido composiciones ni texturas propias de CSH (Elert et al., 2017; 2018).

7. Conclusiones

A partir de los datos obtenidos de la documentación consultada y de los resultados de los análisis realizados para la caracterización de los materiales se puede concluir que los materiales empleados para la construcción de Kinik Höyük son de dos tipos, ambos de origen volcánico y procedentes de los propios materiales de la zona. Por un lado, bloques de piedra de gran tamaño, por otro, materiales de grano fino destinados a la realización de ladrillos de adobe, revestimientos y pavimentos, estos últimos son unas arenas volcánicas de grano fino compuestas por una mineralogía fundamentalmente volcánica (cuarzo, plagioclasa, cristobalita, piroxenos, micas, anfíboles y olivino) y sedimentaria (calcita) con menores cantidades de minerales de la arcilla.

La construcción del asentamiento ha sido realizada esencialmente con estos materiales tal y como se encuentran en la naturaleza, sin ningún tipo de material añadido ni proceso que altere sus propiedades, a excepción de algunos revestimientos y pavimentos que presentan un acabado de cal o que están hechos de un mortero de cal más compacto y endurecido.

A la vista de estos resultados, se puede afirmar que no hay ninguna característica intrínseca de la naturaleza de los materiales ni del proceso de preparación y puesta en obra de estos que justifique especialmente lo que se ha destacado tanto acerca del buen grado de preservación del yacimiento de Kinik Höyük. De hecho, tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, los materiales no son especialmente compactos y al ser desenterrados en estos últimos años que llevan en curso las excavaciones, se han deteriorado a una velocidad mayor. Esto lleva a pensar que posiblemente se hayan conservado durante tanto tiempo gracias a estar enterrados, con unas condiciones de humedad y temperatura constantes y preservados de una acción directa de agentes como la lluvia, la nieve o el viento. También hay que considerar que a lo largo de los miles de años en los que ha estado ocupado el asentamiento se han realizado importantes reparaciones o reconstrucciones de las construcciones presentes, especialmente en la muralla.

Conclusions

The consulted documentation and the analyses performed for the characterization of the materials indicates that there are two types of materials used for the construction of Kinik Höyük. Both have volcanic origin and come from the materials of the area: large stone blocks and fine-grained materials used for the construction of adobe bricks, coatings and pavements; the latter are fine grain volcanic sands formed volcanic minerals (quartz, plagioclase, cristobalite, pyroxenes, micas, amphibole and olivine) together with calcite and smaller amounts of clay minerals.

The construction of the settlement has been essentially carried out with these raw materials, without any type of added material or processes that alters their properties. As an exception, some coatings and pavements have a lime finish or are made of a more compact and hardened lime mortar.

There is no intrinsic characteristic of the nature of the materials or their preparation processes that justifies the good degree of preservation of Kınık Höyük. In fact, the materials are not particularly compact. When they have been uncovered, they have been quickly deteriorated. They may have been preserved due to their burial at constant humidity and temperature conditions and protection of rain, snow and wind. Important repairs and reconstructions of the buildings might have been carried out throughout thousands of years, especially in the citadel walls.

8. Referencias

Altın, T., El Ouahabi, M. y Fagel, N. (2015): Environmental and climatic changes during the Pleistocene–Holocene in the Bor Plain, Central Anatolia, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 440, 564–578.

Aydar E. y Gourgaud A. (2002): Garnet-bearing basalts: an example from Mt. Hasan, central Anatolia, Turkey. *Mineralogy and Petrology* 75, 185–201.

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.

Balkan-Atli, N. y Cauvin, M. C. (2007): Das Schwarze Gold der Steinzeit. Obsidian in Anatolien. En *Vor 12.000 Jahren in Anatolien. Die ältesten Monumente der Menschheit*. Badisches Landesmuseum, Karlsruhe, 207-213.

Berges, D. y Nollé, J. (2000): Tyana: Archäologisch-historische Untersuchungen zum südwestlichen Kappadokien. R. Habelt, Bonn, 2 vol.

Chamley, H. (1989): Clay sedimentology. Springer, Berlin, 623 pp.

Cinieri, V., d'Alfonso, L. y Morandotti, M. (2014): Building techniques of fortified structures in Kınık Höyük archaeological excavation (Turkey). En: *9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*, (F. Peña & M. Chávez eds.), 1-14.

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.

Cliff, G. y Lorimer, G.W. (1975) The quantitative analysis of thin specimens. *Journal of Microscopy*, 103, 203-207.

d'Alfonso, L. y Mora, C. (2007): “Viaggi anatolici” dell’Università di Pavia. Rapporto preliminare della prima campagna di ricognizione archeologica nella Tyanitide settentrionale. *Atenhaeum*, 95, 819-836.

d'Alfonso, L. (2010): Geo-Archaeological survey in northern Tyanitis and the Ancient History of Southern Cappadocia. En: *Geo-archaeological Activities in Southern Cappadocia (Turkey)* (L. d'Alfonso, M.E. Balza y C. Mora, eds). *Studia Mediterranea*, 22, 27-52.

d'Alfonso, L. y Mora, C. (2010): Missione archeologica in Cappadocia

meridionale: campagna 2010. *Atenaeum*, 99, 549-564.

d'Alfonso, L. y Mora, C. (2012): Il progetto di Kınık Höyük. Missione archeologica e ricerche storiche in Cappadocia meridionale (Turchia). *Atenaeum*, 100, 529-538

d'Alfonso, L., Gorrini, M.E. y Mora, C. (2014): Archaeological Excavations at Kınık Höyük. Preliminary Report of the third Campaign (2013), *Athenaeum* 102, 565-586

Deniel C., Aydar, E. y Gourgaud, A. (1998): The Hasan Dagi stratovolcano (central Anatolia, Turkey): evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 87:275–302.

Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J.L., Köse, O. y Gündoğdu, N.M. (1998): Emplacement of volcanic vents and geodynamics of Central Anatolia Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85: 33-54.

Elert, K., Nieto, F. y Azañón, J.M. (2017): Effects of lime treatments on marls. *Appl. Clay Sci*, 135, 611–619.

Elert, K., Nieto, F. y Azañón, J.M. (2018): Smectite formation upon lime stabilization of expansive marls. *Appl. Clay Sci*, 158, 29–36.

Forlanini, M. (1988): La regione del Tauro nei testi ittiti. *Vicino Oriente* 7, 129 – 169.

Forlanini, M. (2008): The Historical Geography of Anatolia and the Transition from the Kārum-period to the Early Hittite Empire. En: *Anatolia and the Jazira during the Old Assyrian Period* (J.G. Dercksen ed.). Nederlands Instituut voor het Nabije Oosten, Leiden, 57 – 86.

French, D.H. (1965): Prehistoric sites in the Göksu Valley. *Anatolian Studies* 15,177-201.

Göncüoğlu, C.M. (1986). Geochronological data from the southern part (Niğde area) of the Central Anatolian massif. *MTA Dergisi*. 105/106 pp. 83–96.

Gürel, A. y Lermi, A. (2010): Pleistocene-Holocene Fills of the Ereğli-Bor Plain (Central Anatolia): Recent Geo-Archaeological Contributions. En: *Geo-Archaeological Activities in Southern Cappadocia, Turkey*, (L. d'Alfonso, M.E. Balza y C. Mora, eds). *Studia Mediterranea*, 22, 55-68.

Hawkins, J. D. (2000): Corpus of the Hieroglyphic Luwian Inscriptions. Inscriptions of the Iron Age Vol. I., W. de Gruyter, Berlin, 639 p.

Hodgkinson, E.S. y Hughes, C.R. (1999): The mineralogy and geochemistry of cement/rock reactions: high-resolution studies of experimental and analogue materials. En: *Chemical Containment of Waste in the Geosphere* (R. Metcalfe y C.A. Rochelle, Eds). Geol. Soc. London Spec. Pub. 157. The Geological Society of London, 195-211.

Hong Kong Observatory (2012):

<https://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/europe/gr tu/nigde e.htm>

Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquaré, G., Redicati de Brozolo, F. y Villari, L. (1975.): The Neogene calc-alkaline volcanism of central Anatolia: Geochronological data from the Kayseri-Nigde area. *Geological Magazine* 112, 349-360.

Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pasquare, G. y Villari, L. (1982): Anatolia and Northern Iran. En: *Andesites, Orogenic Andesites and Related Rocks*. The Open (R.S. Thorpe, Ed.), John Wiley & Sons, Chichester, 327-349.

Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F. y Villari, L. (1982): Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey): geochronological data and geodynamic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 13: 223-240.

ISAW (2014): <http://www.kinikhoyuk.org/index.html>

Kurkcuoglu B., Sen E, Aydar E, Gourgaud A y Gu'ndogdu N (1998): Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85:473–494.

Kuşcu, G. y Geneli, F. (2010): Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Tepekoy Volcanic Complex. *International Journal of Earth Sciences* 99, 593–621.

Matessi, A., Capardoni, M. y Lanaro, A. (2014): Excavations at Kınık Höyük: a preliminary report on the first season. En: *Proceedings of the 8th International Congress on the archaeology of the Ancient Near East, Volumen 2*, (P. Bieliński, M. Gawlikowski, R. Koliński, D. Ławecka, A. Sołtysiak y Z. Wygnańska, eds.), Harrassowitz Verlag, Wiesbaden, 321-340.

Mapy.cz: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=35.5705462&y=37.5200564&z=6>

MGM (Turkish State Meteorological Service) (2019):

<https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx?m=NIGDE#>

Muhly, J.D. (1993): Early Bronze Age Tin and the Taurus. *American Journal of Archaeology* 97, 239 – 253.

Pasquaré, G., Poli, S., Venzolli, L. y Zanchi, A. (1988): Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia. *Tectonophysics* 146, 217-230.

Toprak, V. (1994): Volcano-tectonic features of the Cappadocian volcanic province. International Volcanological Congress Excursion Guide, Ankara, 58 p.

Whitney, D.L. y Evans, B.W. (2010): Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95: 185-187.

Wikimedia (2017):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K%C4%B1n%C4%B1k_H%C3%B6y%C3%BCk_01.jpg

Yener, K. A. (2000): The domestication of metals. The rise of complex metal industries in Anatolia. Brill, Leiden, 210 p.

ANEXOS

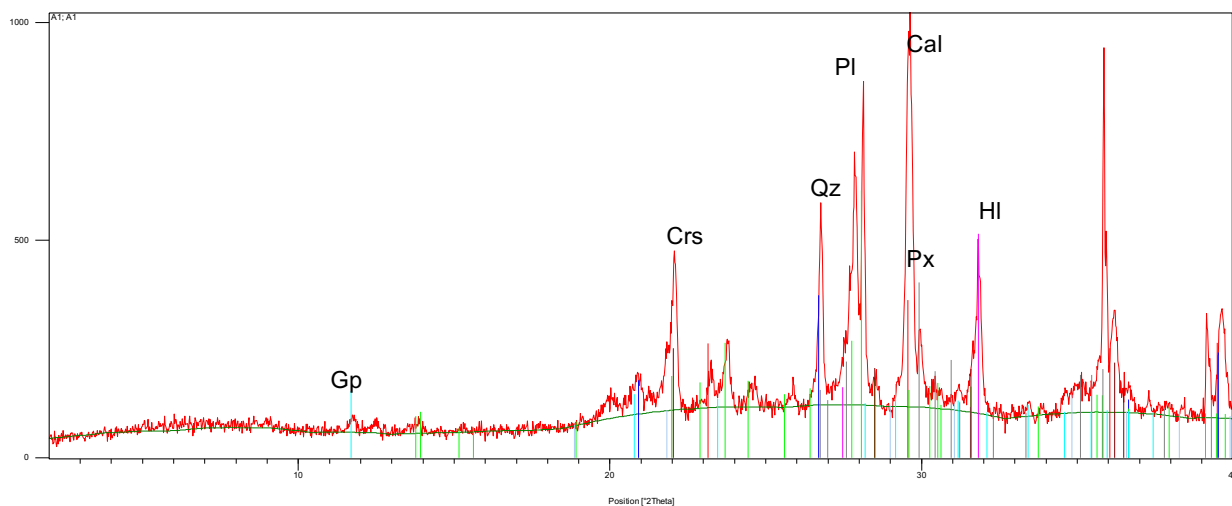
ANEXO I: DIAGRAMAS DE RAYOS X

ANEXO II: MAPAS COMPOSICIONALES DE SEM

ANEXO I: DIAGRAMAS DE RAYOS X

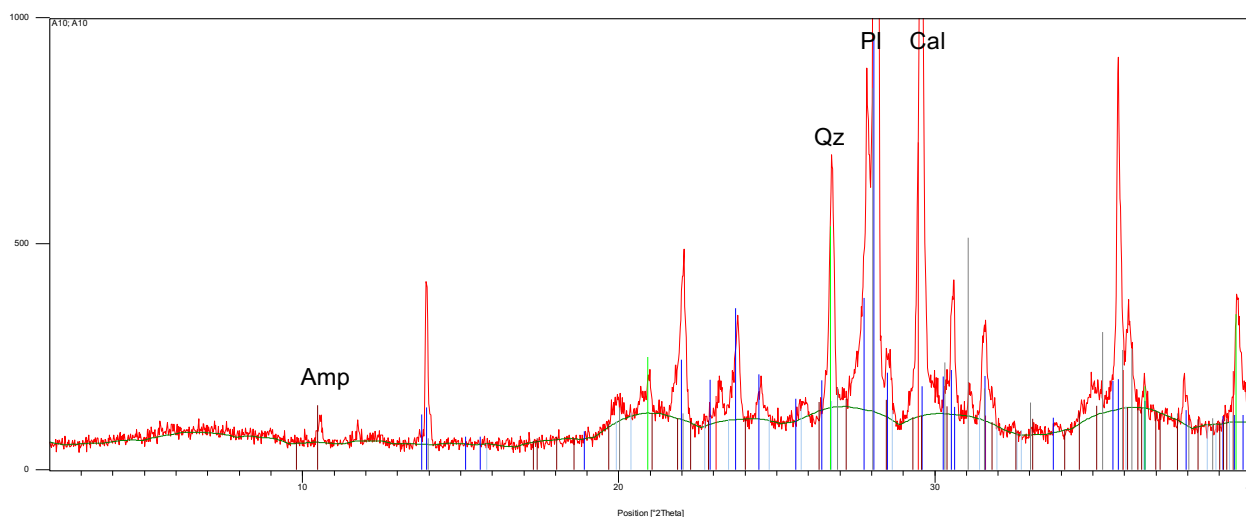
Abreviaturas tomadas de Whitney y Evans, 2010

MUESTRA A1



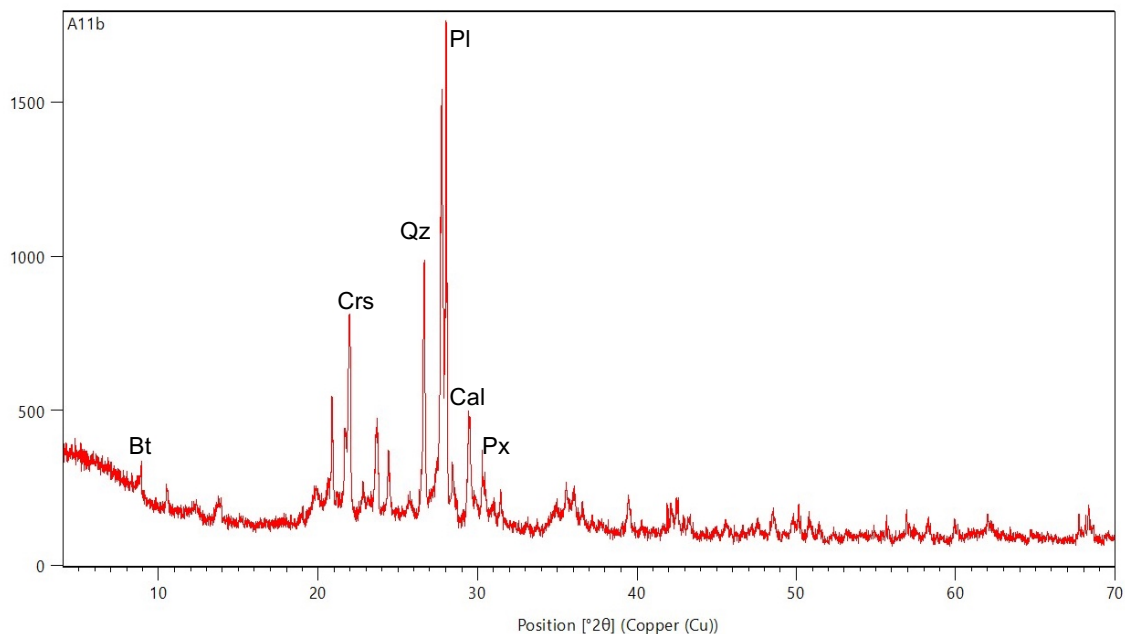
(Difractograma proporcionado por el Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente de la UNIPV)
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Px: Piroxeno, Crs: Cristobalita, Gp: Yeso, HI: Halita

MUESTRA A10



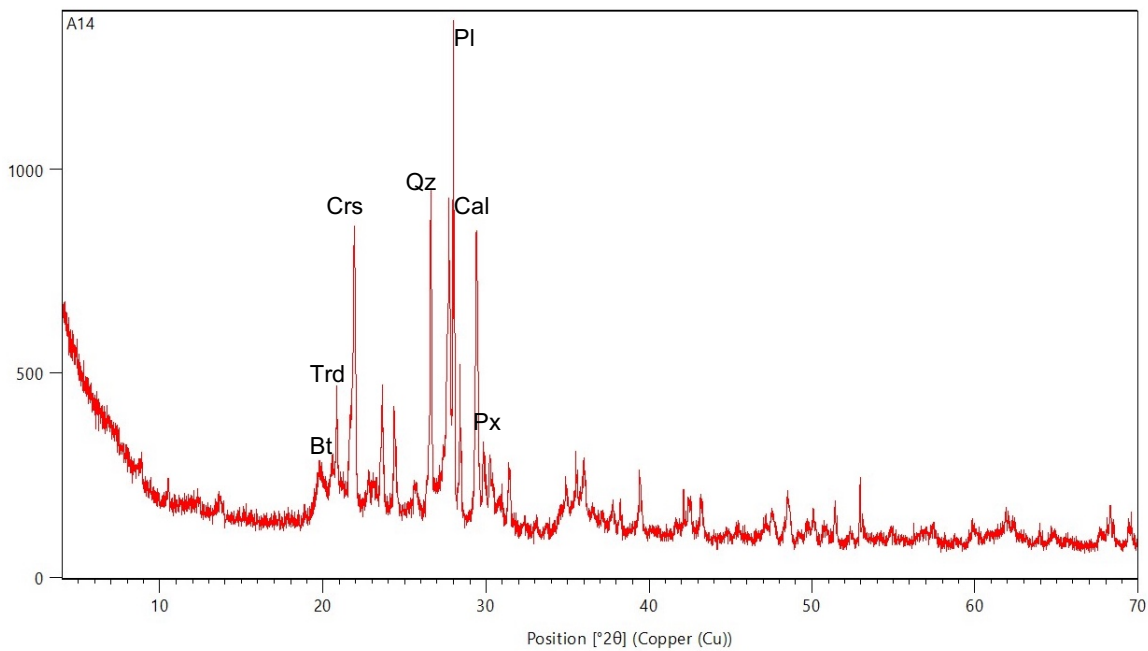
(Difractograma proporcionado por el Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente de la UNIPV)
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Amp: Anfíbol

MUESTRA A11b



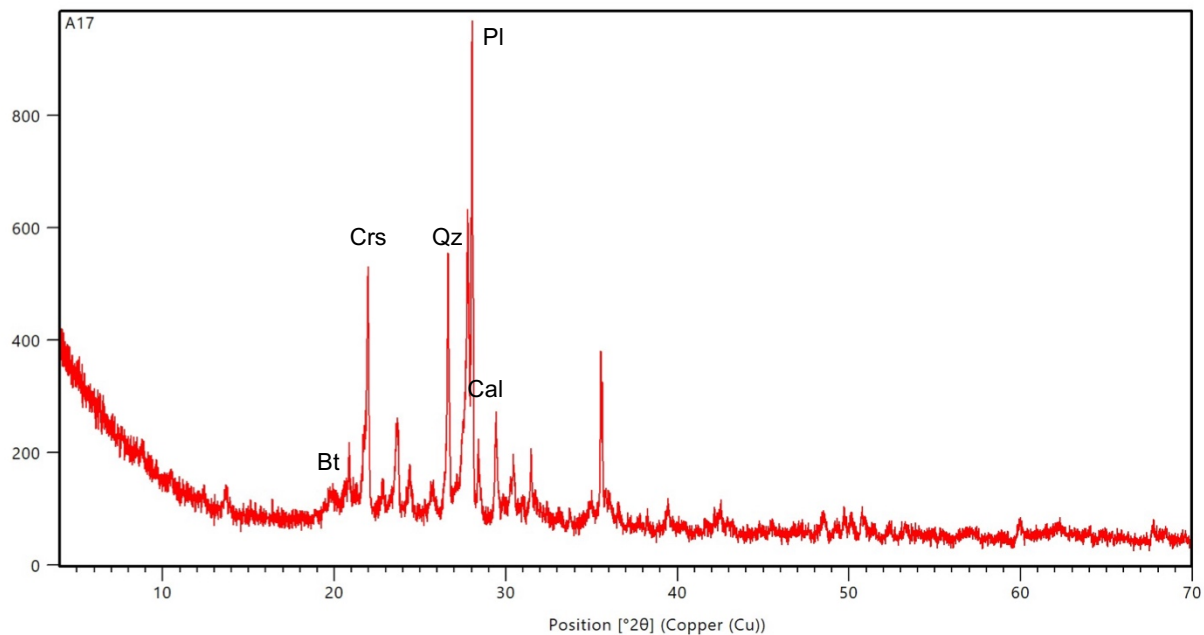
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Px: Piroxeno, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A14



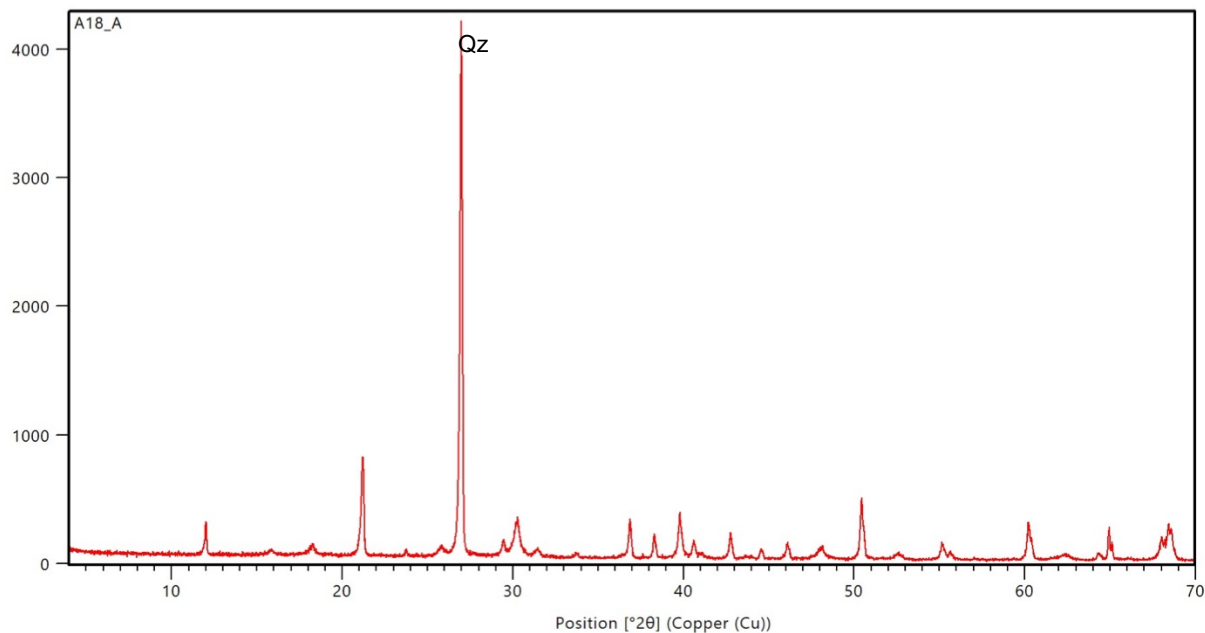
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Crs: Cristobalita, Trd: Tridimita, Px: Piroxeno, Bt: Mica

MUESTRA A17



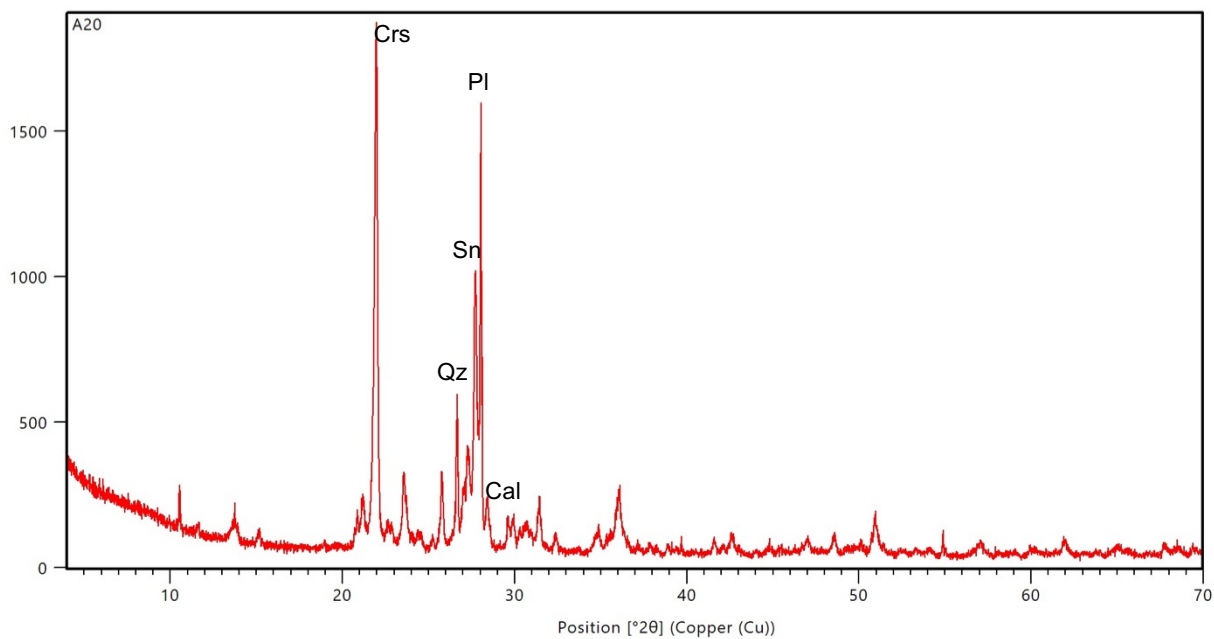
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A18



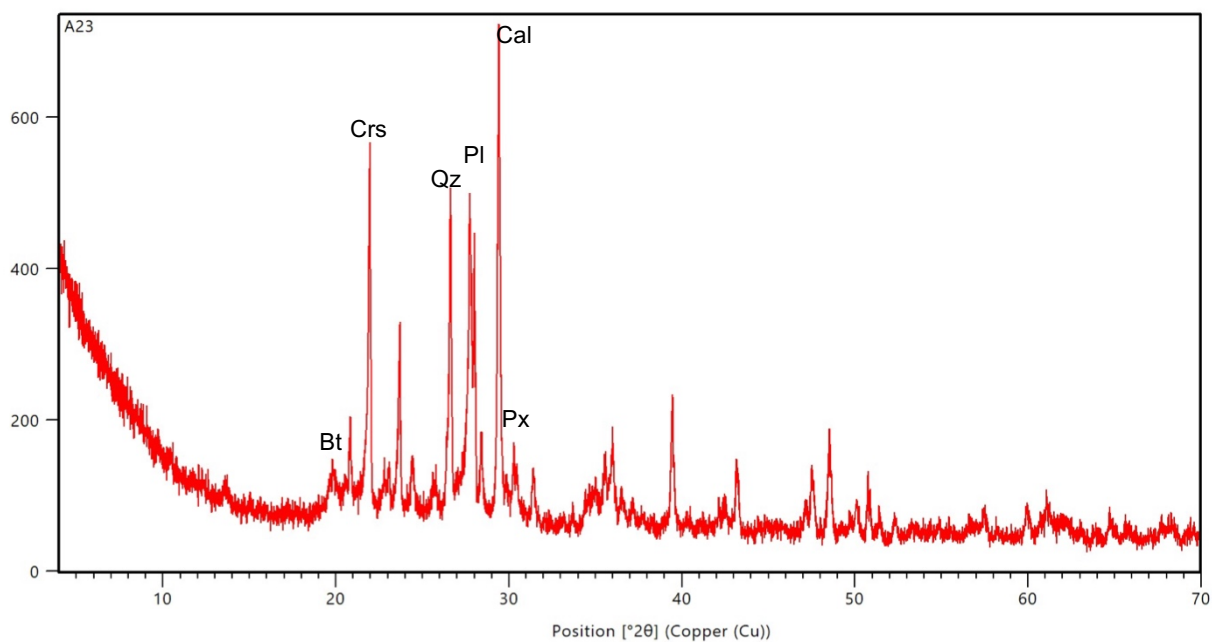
Qz: Cuarzo

MUESTRA A20



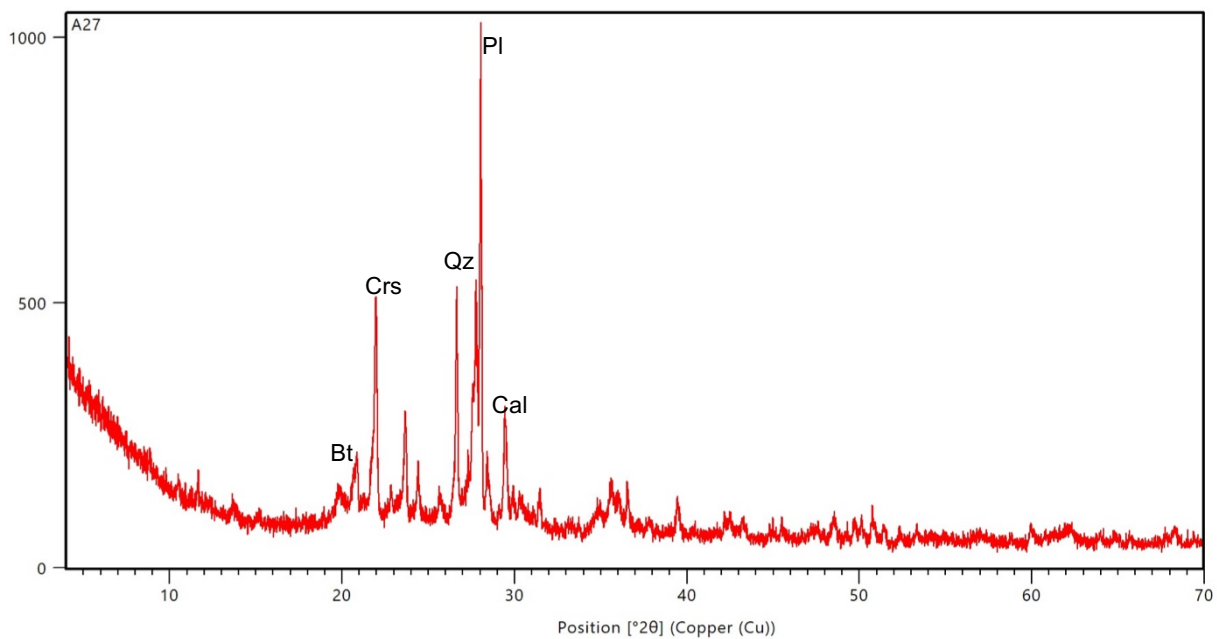
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Crs: Cristobalita, Sn: Sanidina

MUESTRA A23



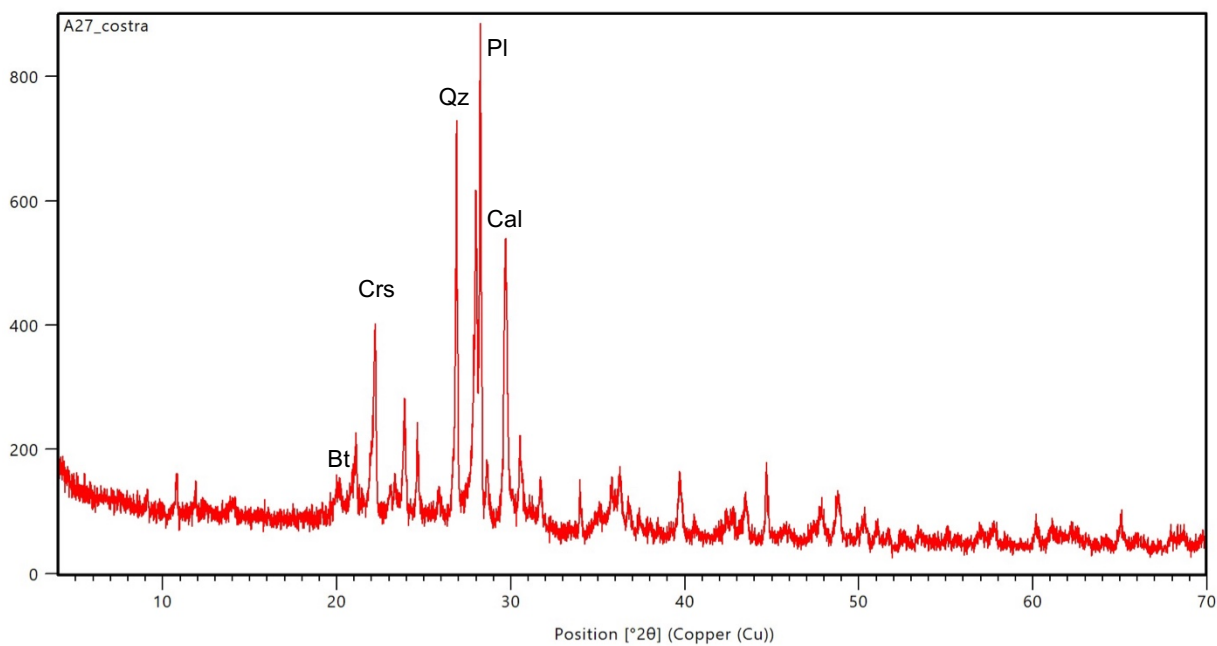
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita, Px: Piroxeno

MUESTRA A27



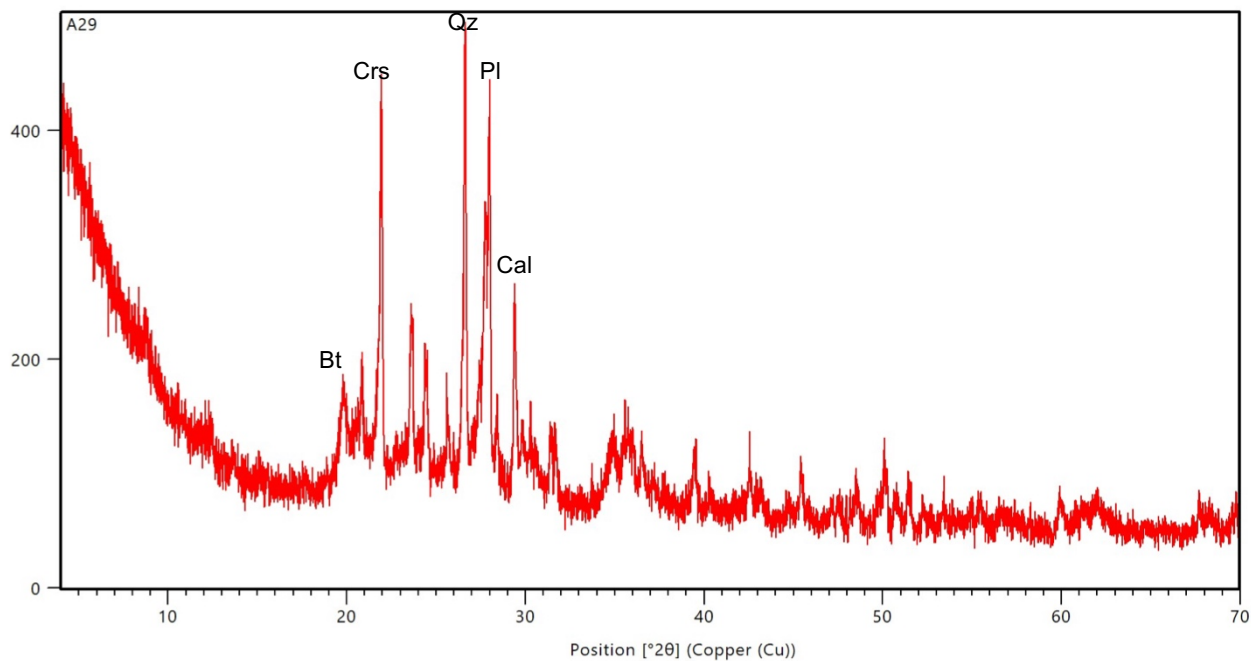
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A27_costra



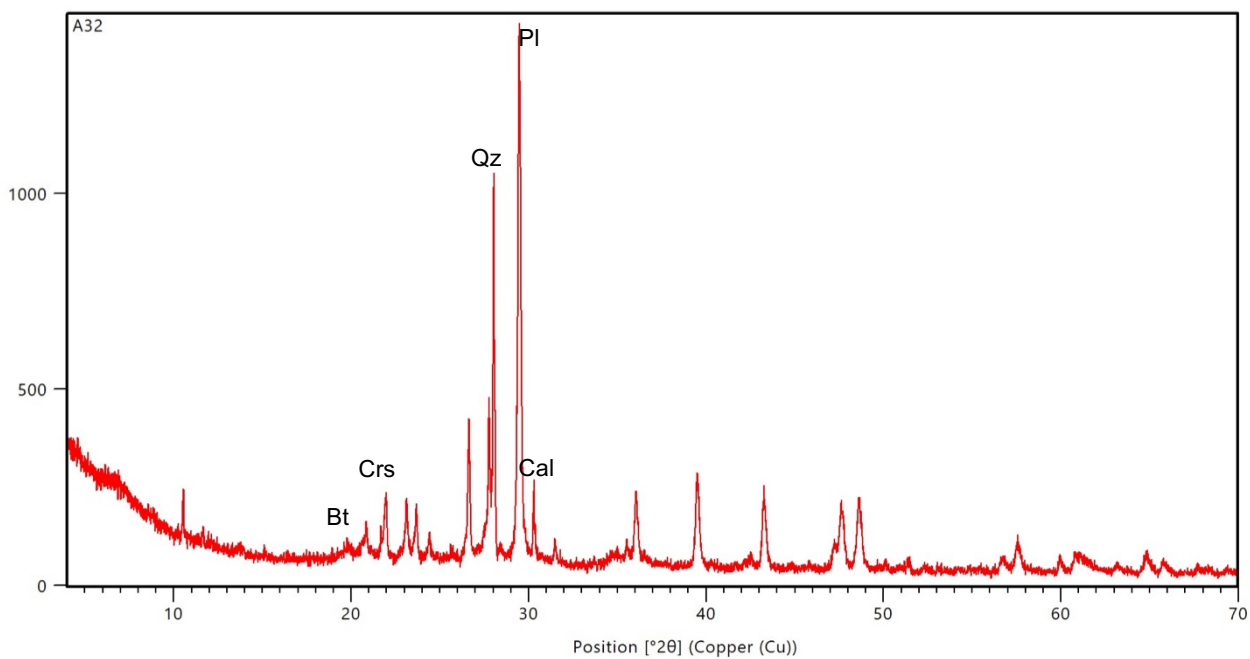
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A29



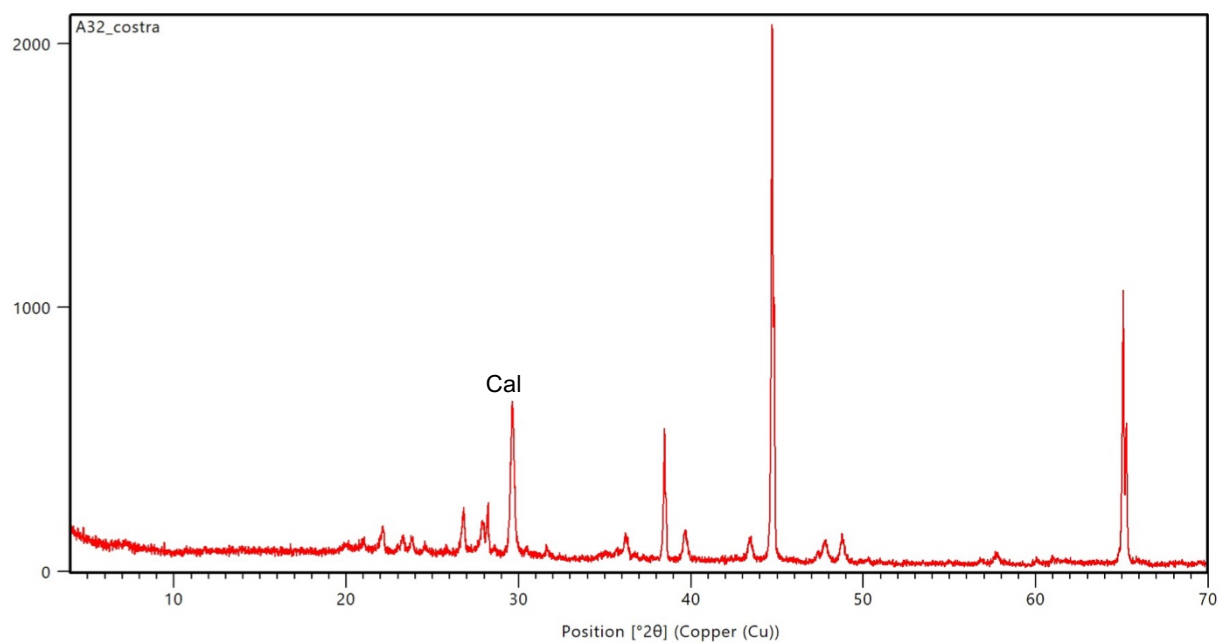
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A32



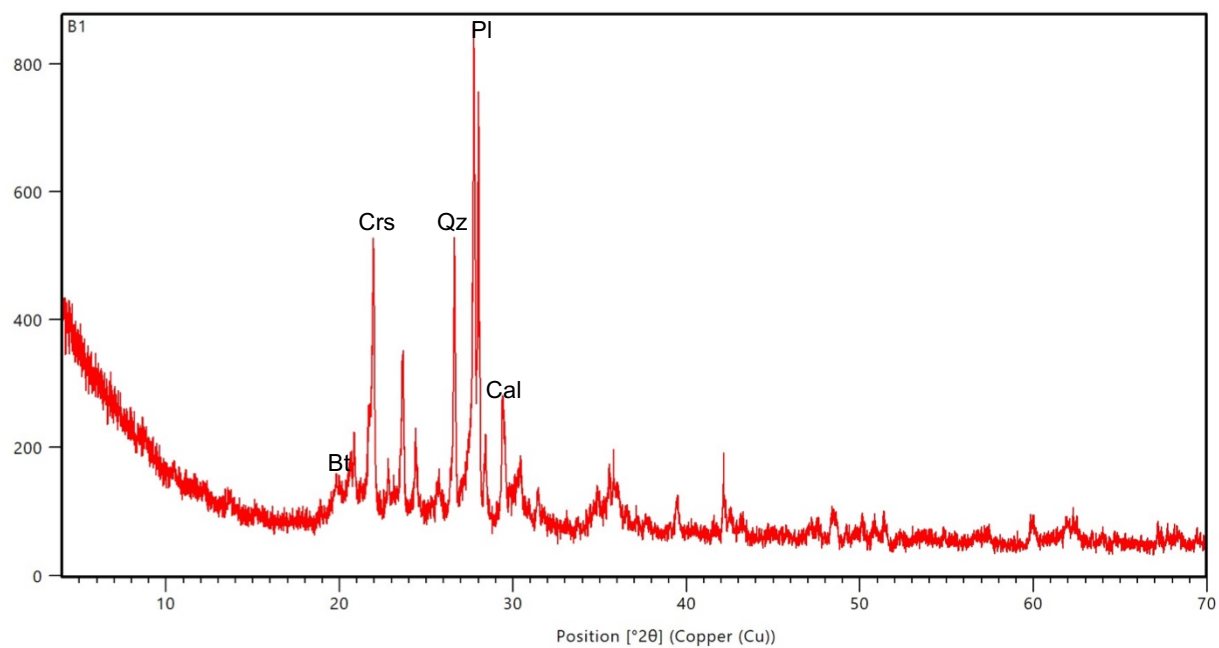
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA A32_costra



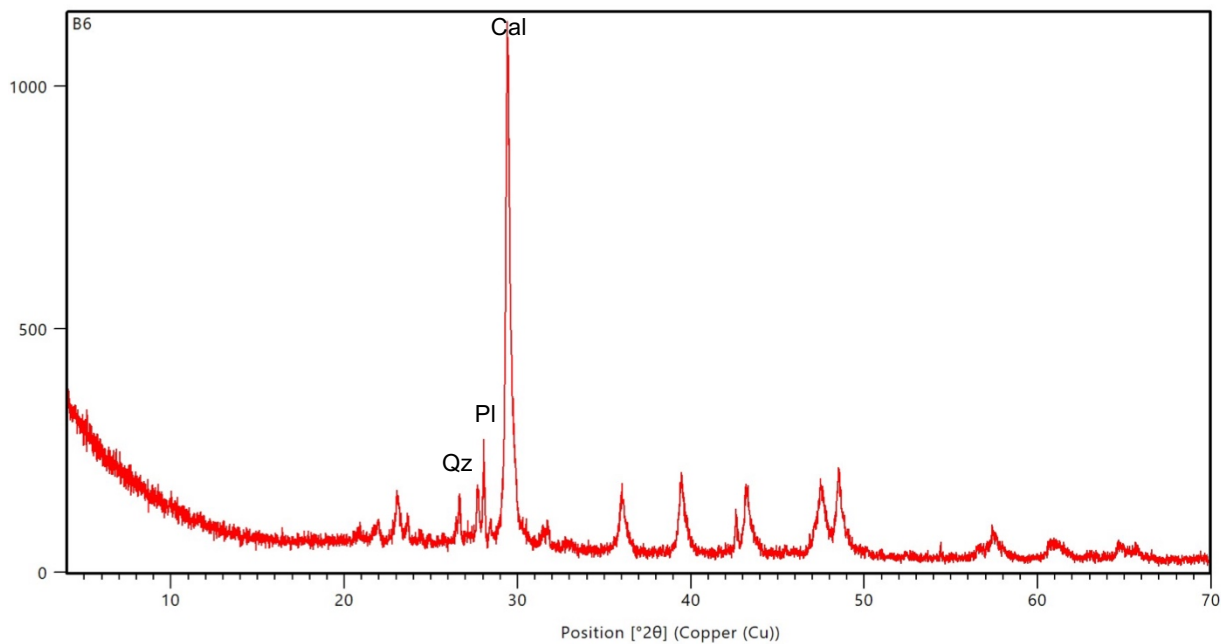
Cal: Calcita

MUESTRA B1



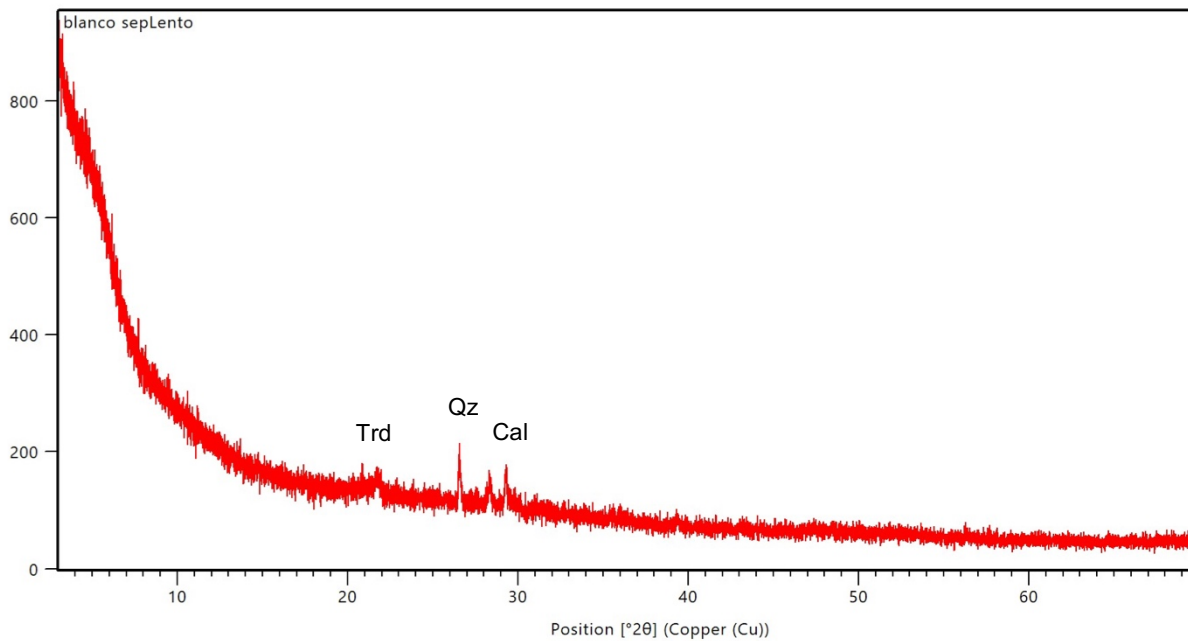
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, PI: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA B6



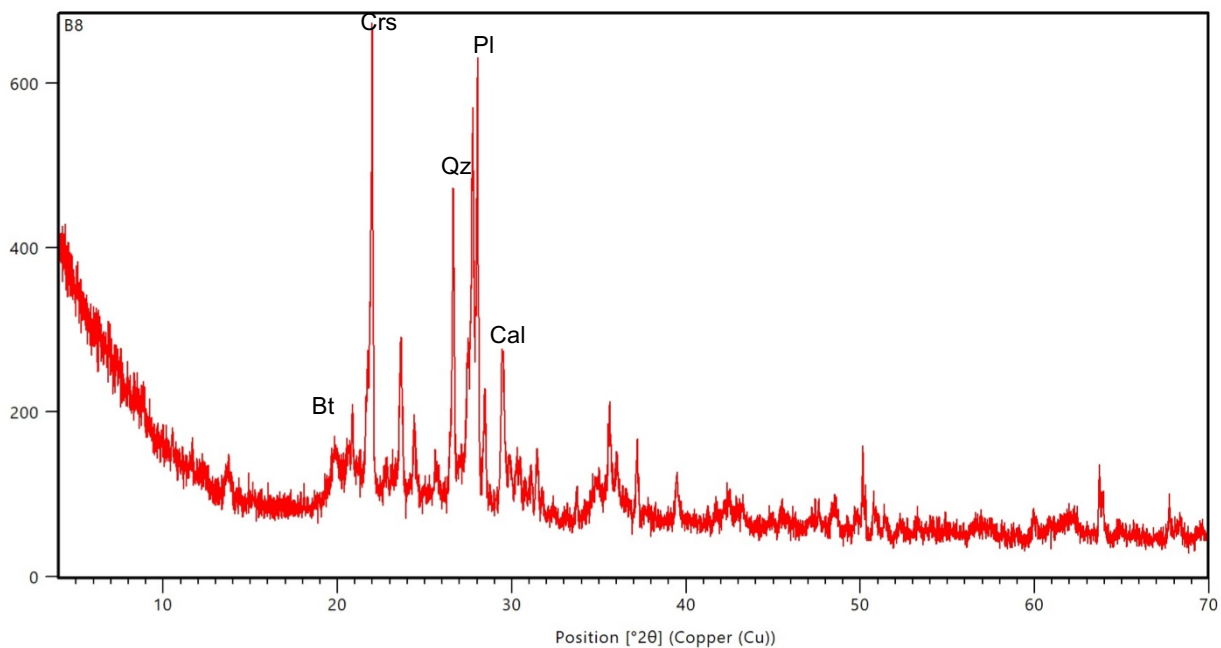
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa

MUESTRA B6_blanco



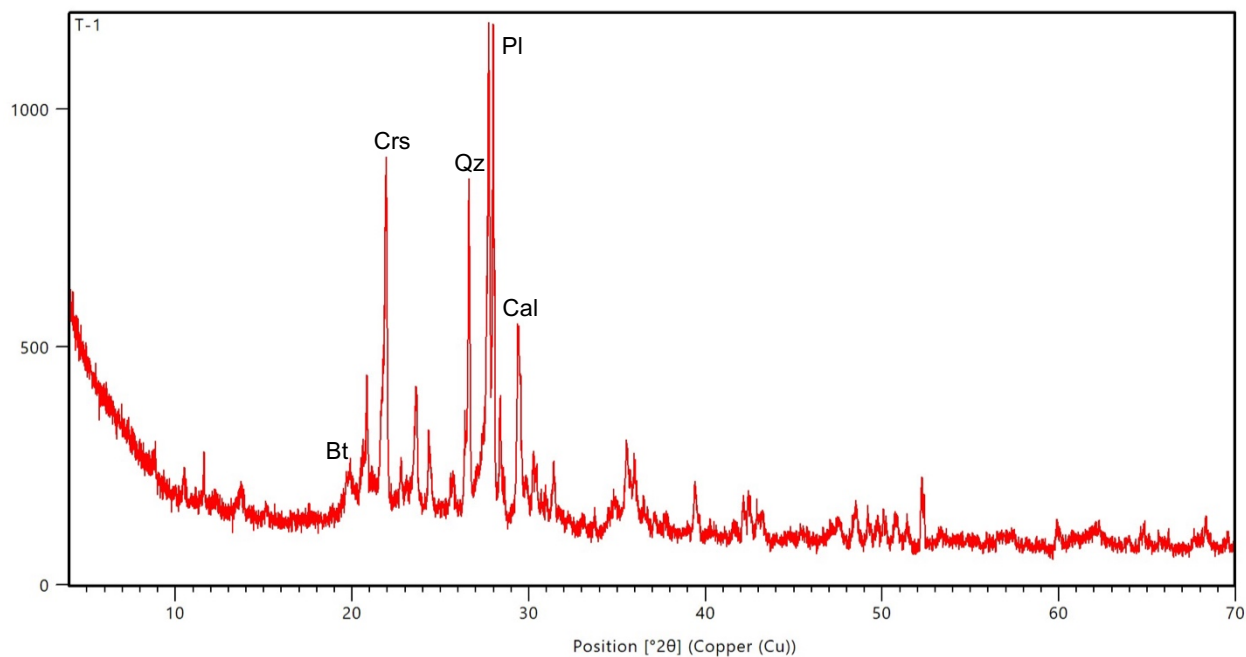
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Trd: Tridimita

MUESTRA B8



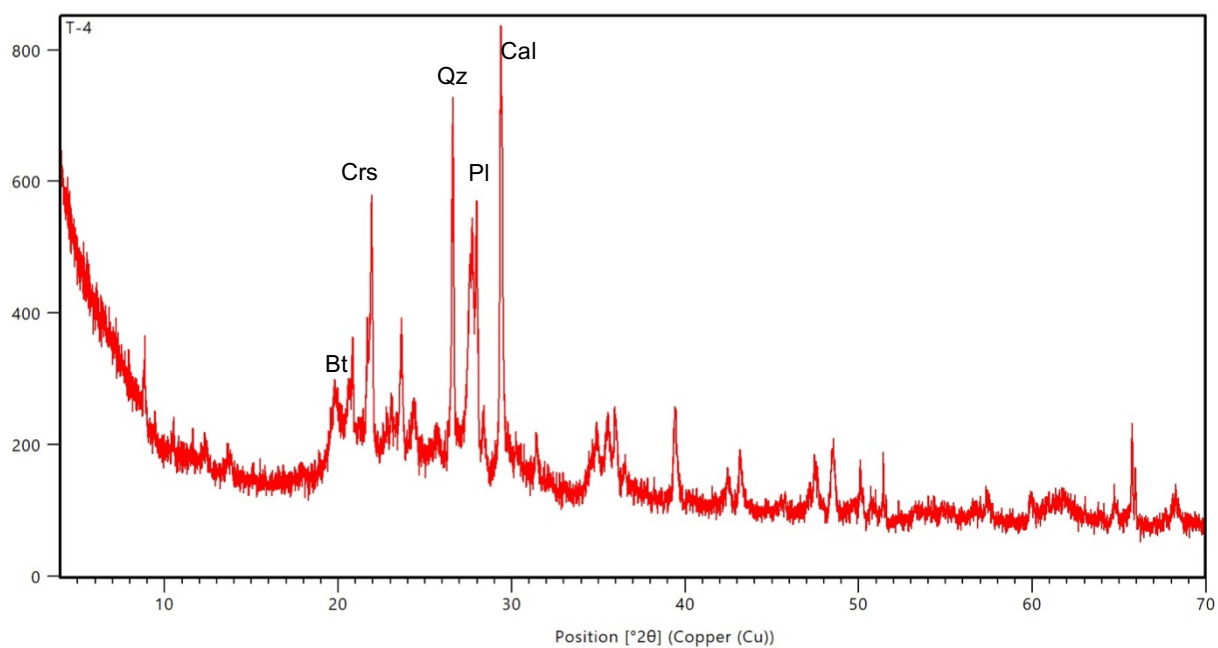
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

MUESTRA T1



Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

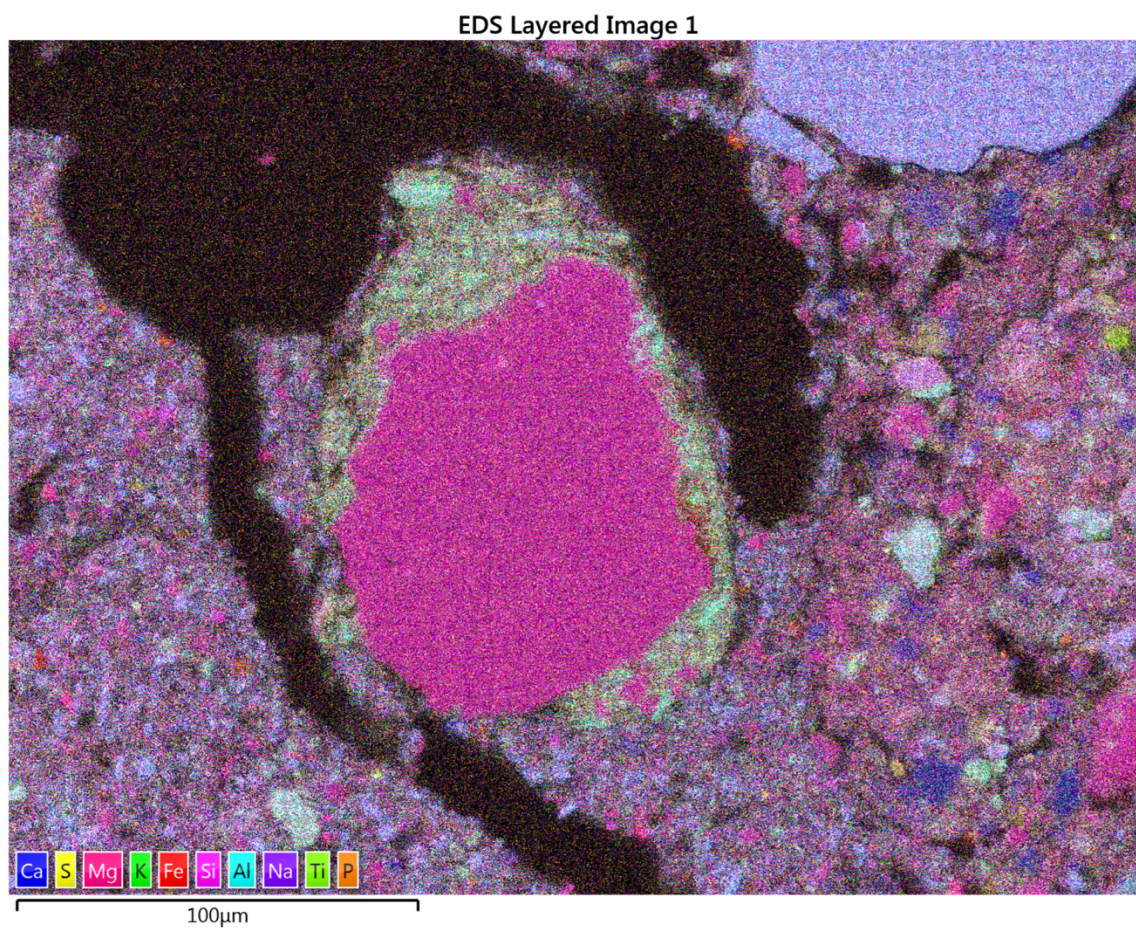
MUESTRA T4



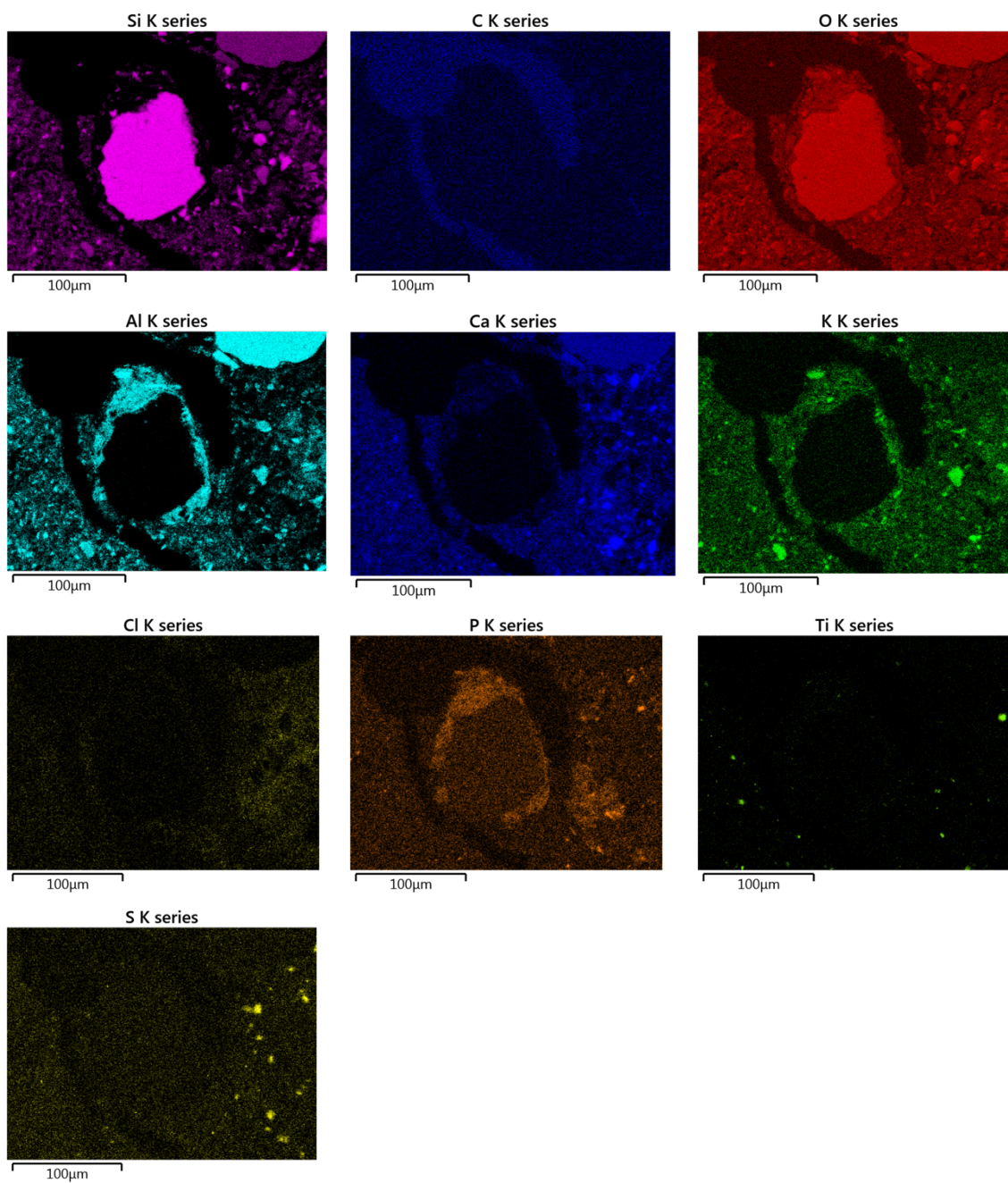
Cal: Calcita, Qz: Cuarzo, Pl: Plagioclasa, Bt: Mica, Crs: Cristobalita

ANEXO II: MAPAS COMPOSICIONALES DE SEM

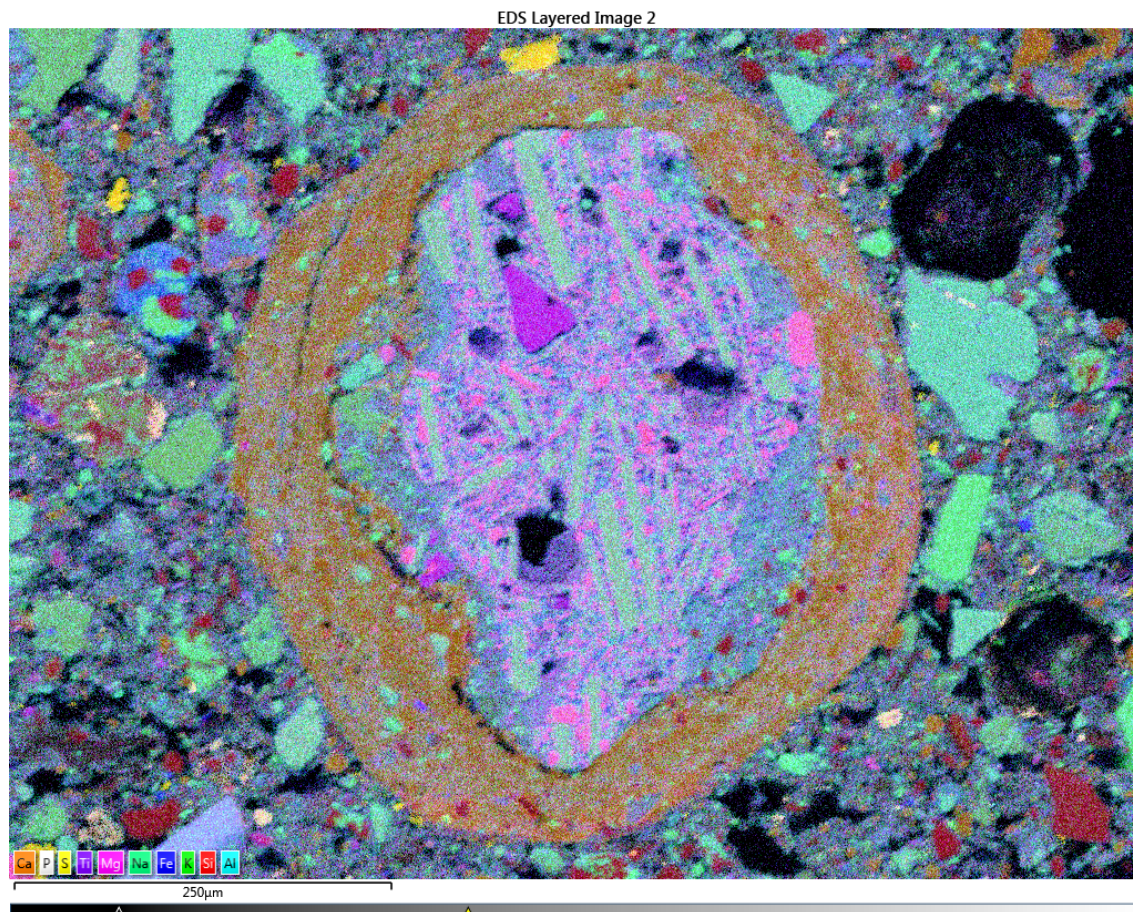
Mapas composicionales de un fragmento de composición silícea y de matriz de la muestra A1.



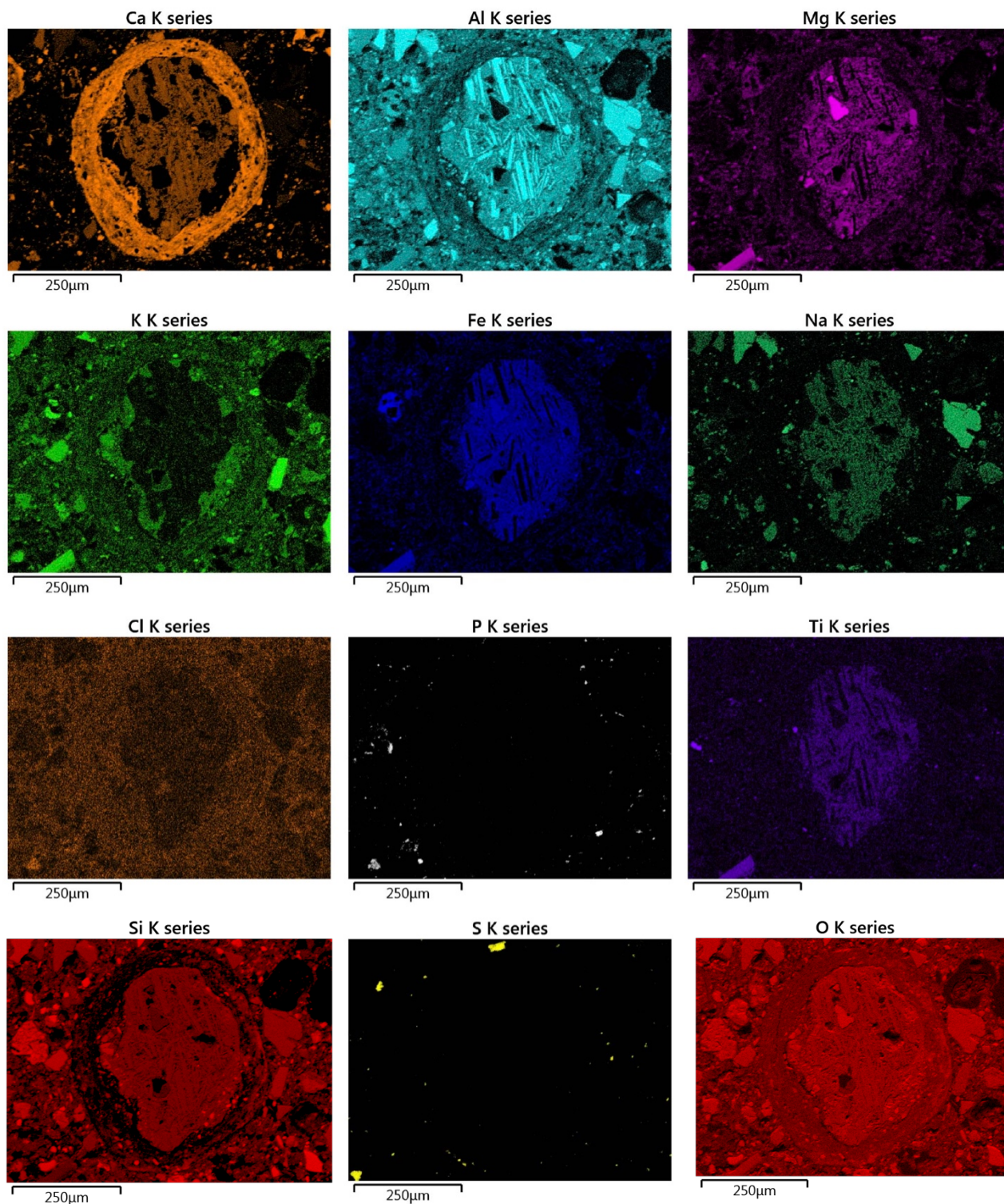
El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.



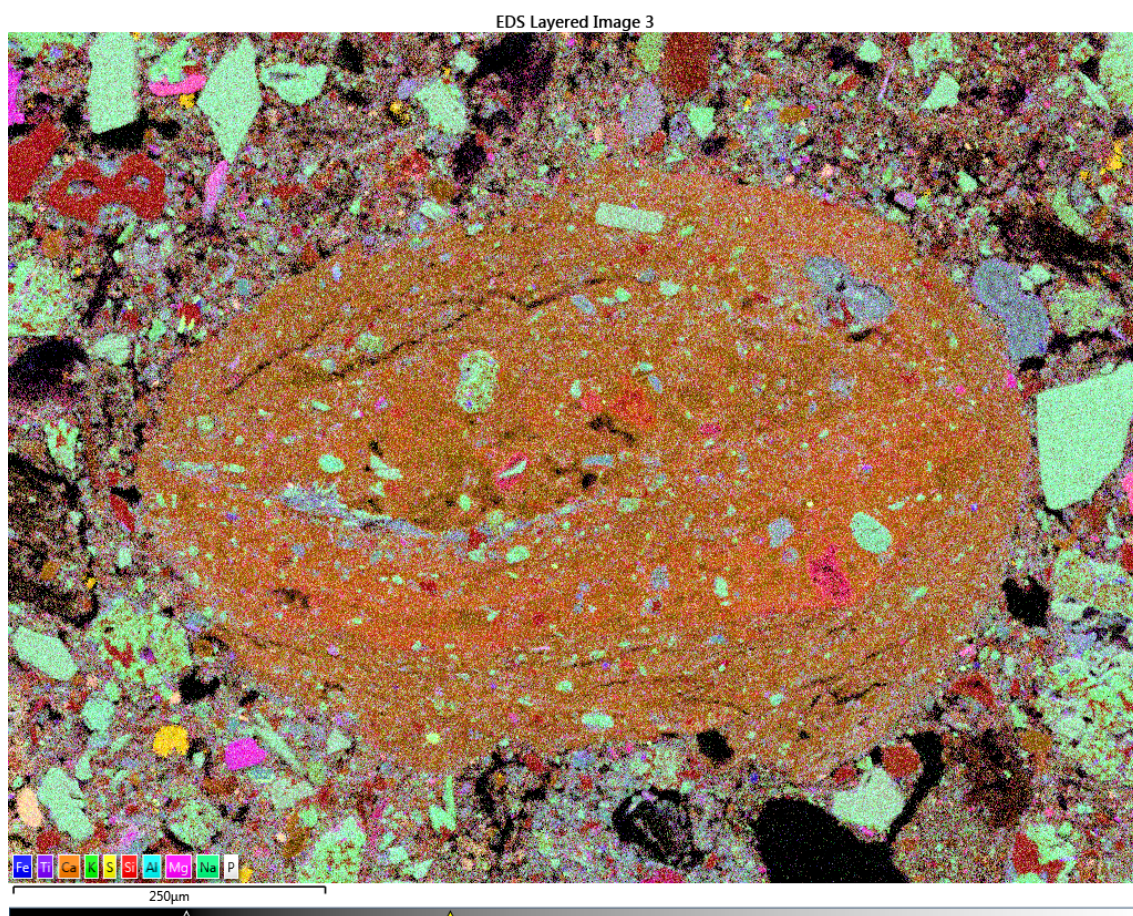
Mapas composicionales de un fragmento de roca volcánica con desarrollo de aureola carbonatada (Muestra A11b)



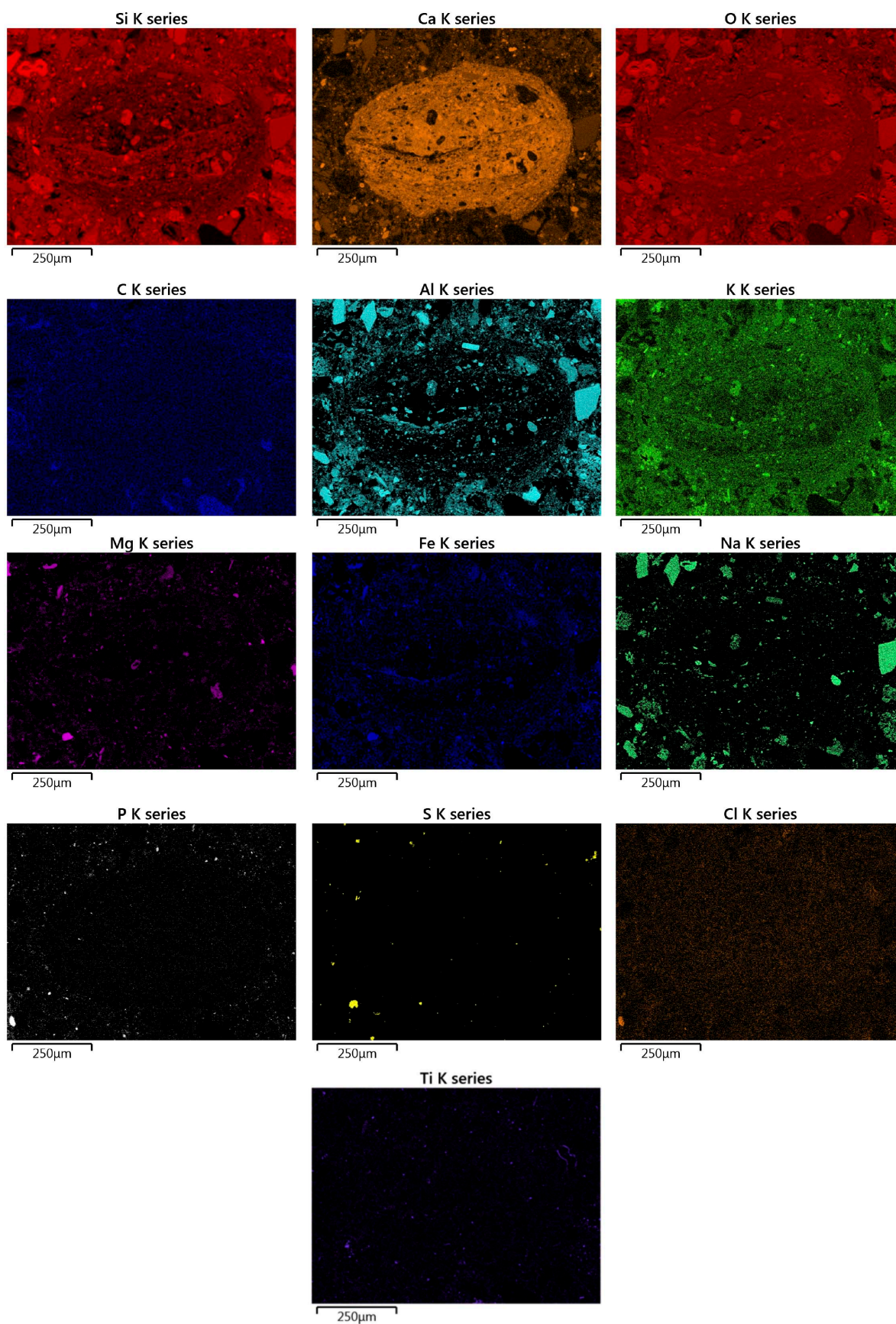
El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.



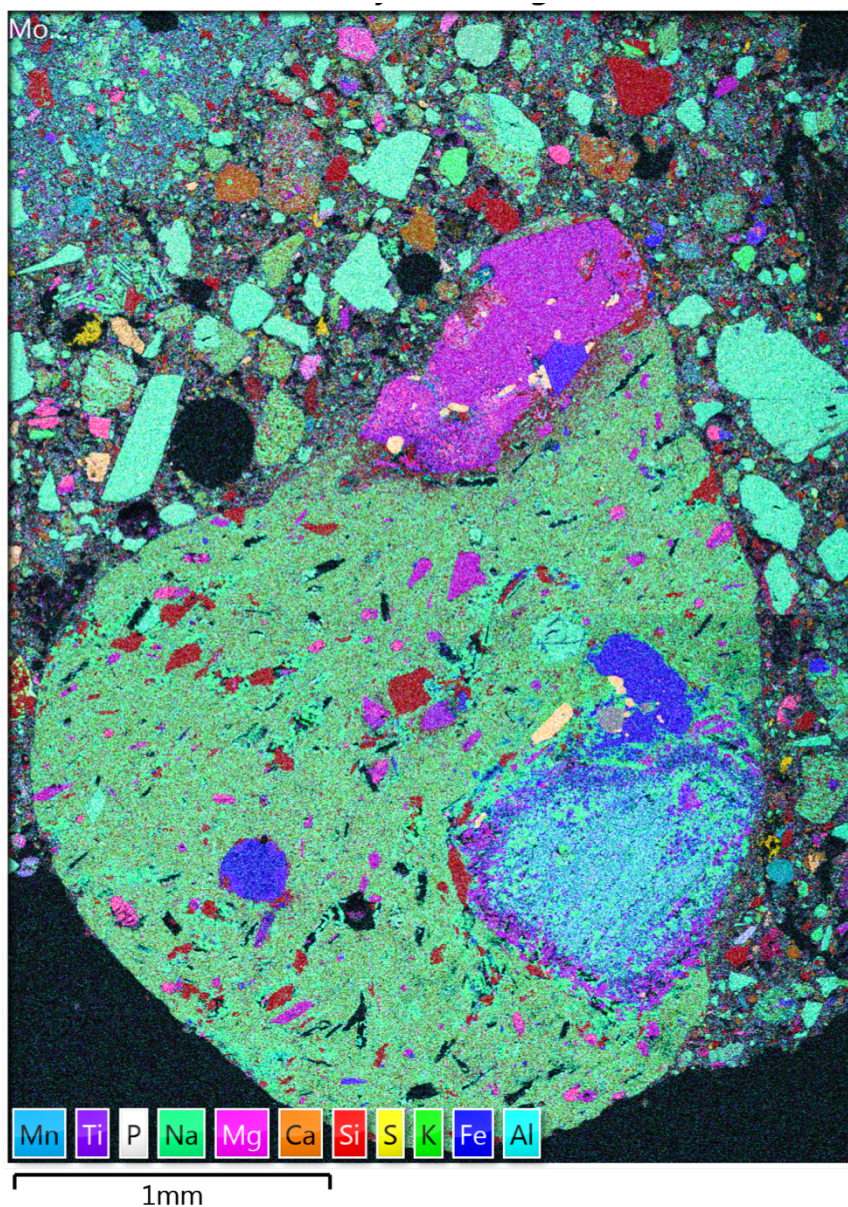
Mapas composicionales de un agregado carbonatado con recrecimiento de la misma naturaleza (Muestra A11b).



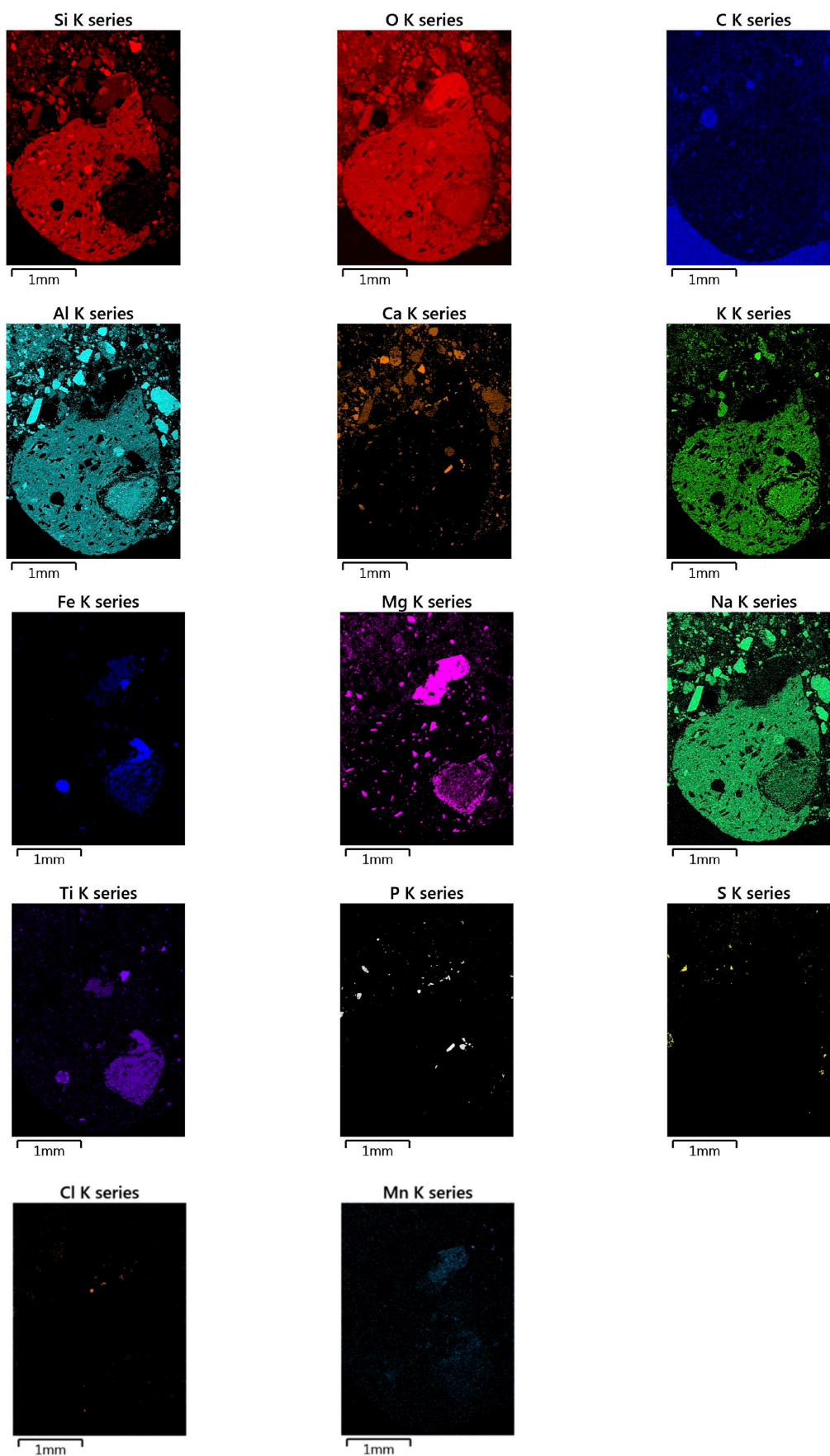
El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.



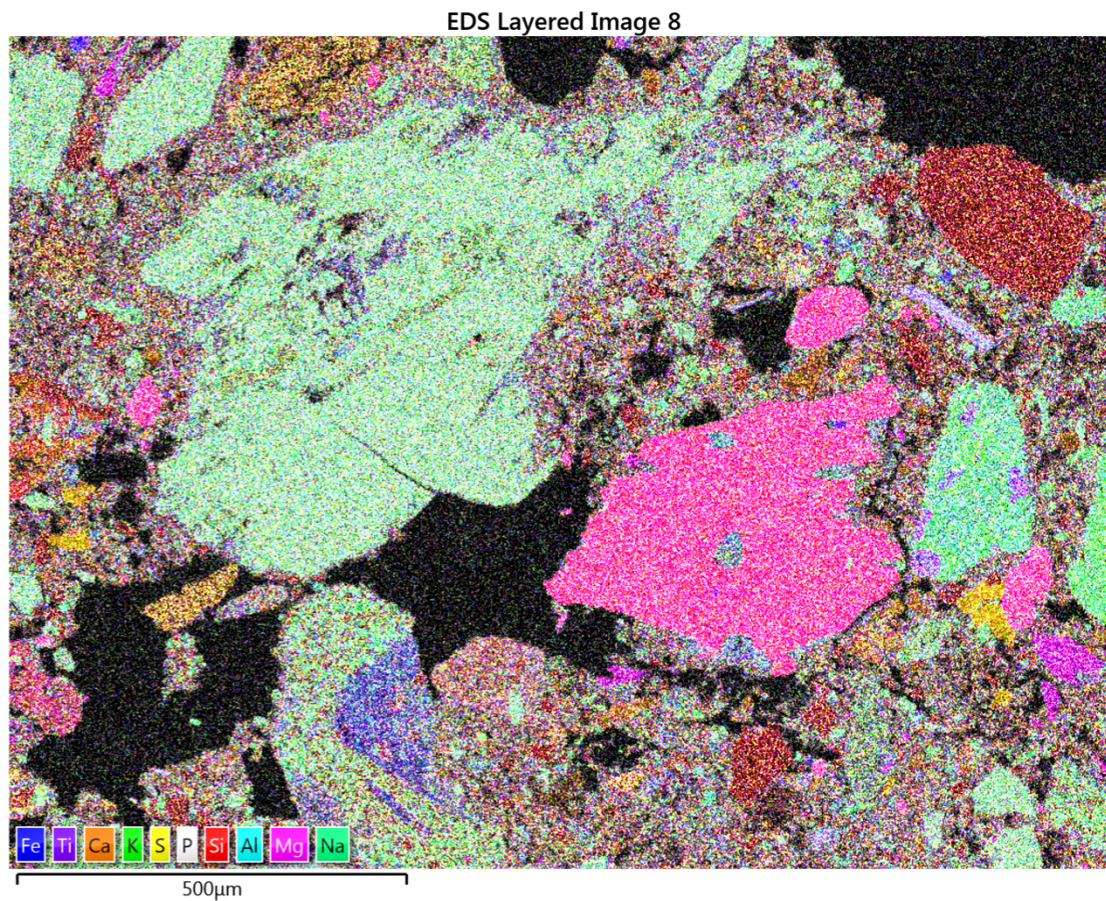
Mapas composicionales de un fragmento de roca volcánica (muestra A11b).



El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.



Mapas composicionales de un área de la muestra A11b, destacando cristales de piroxeno y plagioclasa.



El sitio arqueológico de Kınık Höyük, Capadocia meridional (Turquía). Aspectos históricos y constructivos. Caracterización de materiales.

