

ESTUDIO MINERALÓGICO, QUÍMICO Y TEXTURAL DE MATERIALES Y ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS EN ASENTAMIENTOS DE LA EDAD DEL HIERRO DEL OASIS DE AL MADAM. (EMIRATO DE SHARYAH, EE.AA.UU)

M.Pozo⁽¹⁾, J.Casas⁽¹⁾⁽²⁾ y J.A. Martín Rubí⁽³⁾

(1) Depto. Q.A., Geología y Geoquímica, U.A.M. (2) Ctro. Ciencias Medioambientales, C.S.I.C. (3) Instituto Tecnológico Geominero de España

ABSTRACT

Using standard mineralogical and petrographical techniques, mudbrick samples, grindstones, door socket stones, green vessel fragments and slags from Iron Age settlements have been studied. Natural samples collected in the neighbour Wadi Yudayyah have also been analysed.

The most abundant minerals in mudbricks are carbonates, mainly calcite, which is also predominant in the wadi sediments. Some textural differences in mudbricks from phase I and II of construction have been recognized. The analysis of grindstones and door socket stones point out to igneous rocks (peridotite, gabbro) and carbonates, respectively. The source of peridotite and carbonate is in the near Jabel Buhais, whilst, gabbro and olivine gabbro rocks they are probably from the Mountains of Oman ophiolitic complexes. This last unit or even a more remote region might be the source of green vessels, their composition, almost pure chlorite, is uncommon in the zone.

Thermal transformations experimented by one of the fragment of vessel and by the slags of the copper melting show the performance of temperatures higher than 800°C.

RESUMEN

Se estudian, utilizando técnicas habituales en mineralogía y petrología, restos de adobes, útiles pétreos, restos de vasijas y escorias en asentamientos de la Edad del Hierro. Así mismo, se han analizado muestras naturales recogidas en el cercano Wadi Yudayyah.

Los minerales más abundantes en los adobes son los carbonatos, principalmente calcita, mineral que es también mayoritario en los depósitos del wadi próximo. Se han reconocido diferencias texturales en adobes correspondientes a las fases I y II del asentamiento.

Los análisis de los útiles de molienda y de articulación de puertas indican una composición de rocas ígneas y carbonáticas respectivamente. El área fuente de peridotita y carbonatos se localiza en el próximo Jabel Buhais, mientras que, la de los gabros y gabros olivínicos procedería de los complejos ofiolíticos de las Montañas de Omán. En esta última unidad o incluso en regiones más lejanas estaría la fuente del material empleado en la elaboración de las vasijas verdes, su composición de clorita casi pura, no es frecuente en la zona.

Las transformaciones sufridas por uno de los restos de vasijas y por las escorias producto de la obtención de cobre, indican la acción de temperaturas superiores a 800°C.

1. INTRODUCCIÓN

Los asentamientos de la Edad del Hierro estudiados se localizan en el oasis de al Madam, perteneciente al Emirato de Sharyah en los Emiratos Arabes Unidos (**Figura 1a**). Este oasis se ubica en el piedemonte de la vertiente oriental de las Montañas de Omán, formando parte de una banda de orientación N-S en la que se distribuyen, los también oasis, de Dhaid, Mleiha y al Ain (**Figura 1b**). Las condiciones favorables de estos enclaves para la vida humana y animal permitieron, desde tiempos muy remotos, el asentamiento de

poblados estables en la península de Omán.

Las campañas de excavaciones arqueológicas en al Madam, dirigidas por el Dr. J. Córdoba (1994-2000), han puesto de manifiesto la existencia de un poblado perfectamente conservado próximo a la localidad de Thuqueibah (AM1) y de una pequeña necrópolis (AM32, campaña hispano-francesa de 1994) (Córdoba y Mouton, 1995), no documentada previamente, en la falda oriental del Jabel Buhais (**Figura 1c**). Especialmente interesante desde el punto de vista arqueológico es el área de Thuqueibah, donde el poblado excavado bajo las dunas, (**Figura 1d**) presenta singularidades desde el punto de vista urbanístico y dos fases (I y II) bien definidas de construcción. La tecnología de construcción se caracteriza por el empleo de adobes rectangulares, que se disponen sobre gruesas capas de argamasa, originando muros de gran consistencia (**Figura 2**). Las dataciones realizadas con ^{14}C indican edades de entre 749-486 años a .C. para la Fase II y 799 años a.C. para la Fase I. Los resultados, confirman la cronología establecida mediante cerámicas que indican Hierro II (1100-600 años a.C.) para la Fase I y Hierro III (600-300 años a.C.) para la Fase II (Córdoba 1998).

El estudio analítico de los materiales que constituyen los elementos estructurales de un poblado (muros, suelos, etc.) así como de los artefactos utilizados por sus moradores permiten establecer la autoctonía o aloctonía de los materiales empleados (áreas de procedencia). Además, en cerámicas, ladrillos o adobes se pueden realizar inferencias relativas a su proceso de elaboración (Pozo et al 1996, Pozo 1998, Pozo et al 1998).

Para establecer áreas de procedencia, un factor importante es el conocimiento de la geología de la región considerada. Desde el punto de vista fisiográfico, se pueden diferenciar en la península de Omán las siguientes zonas: la costa, el piedemonte, la estepa pre-desértica, el desierto y las Montañas de Omán. Excepto la última, las zonas mencionadas están constituidas fundamentalmente por depósitos detríticos de edad cuaternaria, originados por procesos gravitacionales, acción litoral, corrientes fluviales o actividad eólica.

La zona más compleja desde el punto de vista geológico y litológico (variedad de rocas) son las Montañas de Omán, que incluyen, además, las rocas más antiguas de la región. Según Glennie et al (1973), en esta unidad, se pueden diferenciar 5 unidades: A) Basamento pre-Pérmico: Constituido por granitos, rocas volcánicas básicas y sedimentos plegados y parcialmente metamorfizados. B) Unidad sedimentaria autóctona (Pérmico medio-Senoniense medio): Depósitos de carbonatos marinos de plataforma somera. C) Unidad alóctona de Hawasina (pre-Senoniense): Imbricación de varias escamas tectónicas, integradas por carbonatos marinos someros, calizas turbidíticas y radiolaritas. D) Manto de Semail (Cretácico medio a superior): Complejo ofiolítico constituido por rocas básicas y ultrabásicas (gabros, peridotitas, serpentinas). Incluye yacimientos de cobre y de cromita. E) Unidad sedimentaria Maestrichiense-Terciario: Está constituida por depósitos marinos (fundamentalmente carbonatos) que se disponen en inconformidad o discordancia sobre las unidades anteriores. Geomorfológicamente esta unidad constituye los Jabels, cerros aislados, que se reconocen en la región.

La cartografía geológica parcial, realizada por los autores mencionados, se recoge en la **Figura 3**, donde aparecen representadas cuatro de las cinco unidades pre-cuaternarias diferenciadas.

Los objetivos del presente trabajo son, por una parte, la caracterización textural y composicional (mineralógica y química) de los elementos arqueológicos estructurales y artefactos minerales recogidos durante las excavaciones. Por otra, establecer las posibles áreas fuente de los materiales anteriores, comparándolo para ello con las rocas del entorno.

2. LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS Y METODOLOGÍA ANALÍTICA

Se han estudiado por diversas técnicas 35 muestras, repartidas entre la necrópolis de Jabel Buhais (AM32), el yacimiento de Thuqueibah (AM1) y las muestras del basamento rocoso del asentamiento en AM1 y de los depósitos del Wadi Yudayyah próximo al yacimiento (**Figura 1c**). La relación de muestras estudiadas, incluyendo su color Munsell (cuando procede), el tipo de muestra y su ubicación, se presenta en la **Tabla 1**.

El mayor volumen de muestras procede del área de excavación AM1, casas 0, 1 y 2., (**Figura 1d**), donde se han estudiado 9 muestras de adobes, algunas con evidencias de acción térmica (quemados) y 1 muestra de suelo. Asimismo, y procedentes del yacimiento de Thuqueibah, se han analizado 13 muestras de diversa litología, recogidas durante las excavaciones; incluyendo básicamente útiles diversos (molienda, articulación de puertas) y escorias. De la necrópolis de Jabel Buhais se han estudiado 8 restos de vasijas verdosas a rojizas, muy características, con el fin de confirmar su posible composición clorítica, tal y como han sido descritas de “visu” durante las excavaciones. Como materiales naturales, no manipulados por el hombre, se han recogido 5 muestras, dos del wadi y tres del substrato rocoso y relleno, sobre el que se asienta el poblado. Aunque su descripción no se incluye en este trabajo, se ha realizado un muestreo de diversos tipos de roca procedentes de los Jabels (Buhais, Mleiha y Hafit) y de las Montañas de Omán (rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas) con el fin de disponer una base de datos petrográficos.

Las técnicas analíticas empleadas han sido texturales y de análisis composicional. Dentro de las primeras se ha realizado el estudio con lupa binocular y posteriormente, en muestras seleccionadas, el estudio petrográfico (microscopía óptica) en las correspondientes láminas delgadas (30 μm de grosor). Especialmente en muestras de adobes y suelo se ha seguido la metodología descriptiva recogida en *Courty et al (1989)*. El análisis mineralógico se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX) de la muestra total empleando la técnica de polvo policristalino. En algunas muestras se ha estudiado la mineralogía de la fracción arcilla (<2 μm) en agregados orientados y sus correspondientes tratamientos. Para la cuantificación de componentes se ha empleado el método de los poderes reflectantes.

En muestras representativas se ha efectuado el análisis químico de elementos mayores, menores y trazas, mediante el empleo de Fluorescencia de Rayos X (FRX), Espectrometría de Emisión ICP y Absorción Atómica (AA).

3. RESULTADOS

3.1. ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS ESTRUCTURALES

Se incluyen en este apartado muestras procedentes de adobes o de suelos de alguna de las fases establecidas en las casas (0, 1 y 2) del poblado AM1 excavado (**Tabla 1A**).

Las muestras de adobes presentan tonos claros amarillentos (5Y7/2) que se hacen más anaranjados conforme se incrementa el contenido en fragmentos de rocas con alto contenido en minerales ferromagnesianos (5YR7/2 a 10YR7/4). Los denominados adobes quemados muestran colores claros (5YR7/4) o más oscuros (N₅), pudiendo estar ambos presentes en la misma muestra. Se han denominado adobes quemados, por presentar rasgos indicativos de haber sido sometidos a acción térmica (hogares, etc.).

La muestra de suelo exhibe también un color claro (5Y7/2) similar al de los adobes con menor contenido en clastos oscuros.

3. 1. 1. MINERALOGÍA

Los adobes presentan una composición caracterizada por el predominio de calcita con dolomita muy subordinada (excepto en la muestra EMC-1) y proporciones variables de cuarzo, feldespatos (predominantemente plagioclasas) y filosilicatos (**Figura 4a**). El bajo contenido en estos últimos es la diferencia mineralógica más significativa de los adobes quemados (**Figura 4b**). Otros minerales presentes en contenido variable son piroxeno, olivino y halita.

Entre los filosilicatos la serpentina, seguida de la mica, es la fase más abundante presentándose habitualmente en clastos de tamaño arena o incluso superior. En la fracción arcilla (<2 μm) decrece notablemente la serpentina, estando a veces ausente, lo que corrobora su concentración en tamaños de grano mayores. En la muestra EMC-1 se ha identificado paligorskita además de serpentina, ambas con muy baja cristalinidad (**Figura 5a**). Por su parte en EMC-7 se han reconocido fases hinchables (esmeclitas) acompañando a illita, paligorskita y serpentina, todas con deficiente cristalinidad (**Figura 5b**). La ausencia de esmeclita en adobes quemados (EMC-3, EMC-5) indica que alcanzaron temperaturas entre 400-500°C (Brindley y Lemaitre, 1987).

En muestras con un elevado contenido en clastos oscuros (EMC-2), su estudio por separado, pone de manifiesto el predominio de los minerales ferromagnesianos, siendo la serpentina el mineral más abundante, con piroxeno, olivino y anfíbol subordinados.

3. 1. 2. PETROGRAFÍA

1) Adobes claros (5Y7/2-10YR7/4) con <15% de clastos negros (EMC-1, EMC-8)

Están constituidos por un material margoso de tono claro con clastos dispersos (10%) de color blanco o negro y tamaños generalmente inferiores a 5 mm, aunque excepcionalmente se han encontrado cantos de 1 cm. La pasta margosa contiene abundantes perforaciones y moldes de restos vegetales (fibras) caóticamente dispuestas y de pequeño tamaño (hasta 1 cm de largo y 2 mm de ancho).

Presentan textura clástica, con matriz micrítica (<5 μm) en proporción variable, generalmente con fábricas grano-soportadas (**Figura 6a**). Porosidad variada que incluye los tipos “vugh”, “chamber”, “channel”, “spongy” y “plane”, según la terminología de *Bullock et al (1985)*.

Algunos de los poros son claramente móldicos de fibras vegetales. En algunas cavidades del adobe se han observado rellenos de arenas eólicas con granos bien redondeados y buena selección; la porosidad asociada es de tipo “simple packing”.

En el esqueleto (>30 μm) se ha diferenciado una fracción fina y otra gruesa, con variaciones composicionales y texturales. La fracción fina (<0,25 mm) presenta buena selección y está constituida por los siguientes componentes:

- Carbonáticos (calcita esparítica, agregados micríticos, bioclastos y romboedros de dolomita).
- Siliciclásticos (cuarzo, plagioclasa, piroxeno, mica, esferulitos de chert, hornblenda, serpentina, hematites, opacos, clorita, microclina, circón, zoisita, cromita y turmalina).

Predominan los carbonatos y el cuarzo. Los primeros en general redondeados y, en el caso de los agregados micríticos, con buena esfericidad. El cuarzo presenta mezcla de

granos redondeados con otros subangulosos, de esfericidad muy variable. Entre los bioclastos se han reconocido foraminíferos de pequeño tamaño, fragmentos de algas y placas de equinodermos.

La fracción gruesa (tamaño medio 3-4 mm), con una selección más deficiente, presenta los siguientes constituyentes:

- Carbonáticos (fragmentos de carbonatos micríticos con cementos esparíticos y carbonatos laminados).
- Siliciclásticos (fragmentos de rocas básicas y ultrabásicas con diverso grado de alteración (gabro, peridotita), serpentina y chert).

En esta fracción se ha reconocido algunos fragmentos con evidencias de manipulación que se interpretan como restos de adobe reciclados e incorporados al esqueleto.

2) Adobes oscuros (5YR7/2-5YR6/4) con >15% de clastos negros (EC-1, EMC-8)

Están formados por un material terroso fino de moderada compacidad y color marrón. Incluidos en él se observan clastos de mayor tamaño (sefíticos) dispuestos con esqueleto denso (15 - 50%), así como inclusiones y poros de fibras vegetales. Los clastos de mayor granulometría muestran predominantemente colores negros y, muy ocasionalmente, algunos más claros. Los primeros tienen composición silicatada y los segundos predominantemente carbonática. Estos clastos presentan en general tamaños inferiores a 5 mm aunque, excepcionalmente, pueden alcanzar 2 cm).

La textura es clásica, con matriz micrítica (<5 μm) en proporción variable, generalmente con fábricas grano-soportadas. Porosidad variada que incluye los tipos "vugh", "plane", "chamber" y "channel". Se han observado poros móldicos alargados, con restos en su interior de fibras vegetales de pequeño tamaño (1,15 mm de longitud por 30 μm de grosor). Asociados a cavidades del adobe se han observado rellenos de arenas eólicas con granos bien redondeados, buena selección y porosidad asociada de tipo "simple packing".

En el esqueleto (>30 μm) se ha diferenciado una fracción fina y otra gruesa, con variaciones composicionales y texturales (**Figura 6b**). La fracción fina (<0,25 mm) presenta buena selección y está constituida por los siguientes componentes:

- Carbonáticos (calcita esparítica, agregados micríticos y bioclastos).
- Siliciclásticos (cuarzo, fragmentos de roca ígnea, plagioclasa, piroxeno, mica, esferulitos de chert, hornblenda, serpentina, hematites, opacos y circón).

Predominan los carbonatos y el cuarzo, los primeros en general redondeados, mientras que el cuarzo presenta mezcla de granos redondeados con otros subangulosos, de esfericidad muy variable.

Entre los bioclastos se han reconocido foraminíferos, fragmentos de algas y placas de equinodermos, todos con evidencias de abrasión.

La fracción gruesa (tamaño medio 3-4 mm) muestra una selección más deficiente identificándose los siguientes constituyentes:

- Carbonáticos (fragmentos de carbonatos micríticos con clastos y carbonatos fibrosos).

- Siliciclásticos (fragmentos de rocas básicas y ultrabásicas con diverso grado de alteración (gabro, peridotita), serpentina y chert).

El contenido en clastos oscuros de composición básica-ultrabásica puede excepcionalmente superar el 30% en la muestra EMC-2, donde, pueden alcanzar tamaños de clasto superiores al centímetro. En alguna muestra, se observan abundantes agregados micríticos oscuros y angulosos que podrían pertenecer a restos de adobes reciclados (**Figura 6c**).

3) Adobes quemados sin restos de fibras vegetales y color claro (10YR7/4) (EMC-5)

Presentan textura clástica en la que los componentes del esqueleto se concentran en tamaños finos (0,250-0,125 mm) faltando prácticamente la fracción gruesa. Los clastos se presentan subangulosos a redondeados, destacando entre los mismos frecuentes granos anaranjados, ópticamente isótropos (amorfizados) (**Figura 7a**). La matriz es micrítica destacando la presencia de envueltas oscuras alrededor de los componentes del esqueleto; estas tonalidades más oscuras de la matriz se extiende a otras zonas, dando lugar a una especie de parcheado, que se manifiesta especialmente alrededor de poros (**Figura 7b**).

Además de restos carbonosos con tintes rojizos, se han reconocido los siguientes componentes minerales:

- Siliciclásticos (cuarzo, plagioclasa, circón, clinzoisita, chert, hornblenda, piroxeno, olivino y cromita).
- Carbonáticos (bioclastos, agregados micríticos y rombos de dolomita).

Presenta una elevada porosidad “channel”, “vugh” y “plane”, destacando la frecuente existencia de cementos secundarios de calcita “drusy”, en las paredes del poro, que puede llegar a cerrarse (**Figura 7d**). Esta generación de carbonato parece relacionarse con fenómenos de recarbonatación del CaO originado durante el tratamiento térmico.

4) Adobes quemados con abundantes restos vegetales (fibras) y color oscuro (N₅) (EMC-3)

Textura clástica con tamaños finos (0,250-0,125 mm) y práctica ausencia de fracción gruesa (solo algún clasto de roca ultrabásica con serpentina y tonalidad anaranjada). Lo más destacable es la presencia de abundantes fibras vegetales incluidas en sus poros, reconociéndose en las mismas estructuras celulares (**Figura 7c**). Los componentes del esqueleto flotan en una masa micrítica acompañada de fases isotropizadas (amorfas), reconociéndose, además, materia orgánica dispersa de tonos rojizos y agregados de micrita relicta o en agregados de bordes difusos y rotos. En el esqueleto se diferencian los siguientes componentes minerales:

- Siliciclásticos (cuarzo, clorita, hornblenda, piroxeno, circón, esferulitos de chert, feldespato potásico, plagioclasa y cromita).
- Carbonáticos (agregados micríticos, placas esparíticas y bioclastos)

En los carbonatos, la temperatura provoca la difuminación de los bordes de grano, convirtiéndose en cal (CaO, portlandita) entre 650-700°C. La ausencia de tridimita o de evidencias de fusión incipiente en los bordes de grano del cuarzo implica que los adobes quemados no sufrieron temperaturas superiores a los 800°C. El tono oscuro mostrado por

los restos orgánicos presentes en las cerámicas quemadas indicaría condiciones predominantemente reductoras.

5) Suelo de asentamiento en la Casa 2 (5Y7/2)

Se caracteriza por su tonalidad clara, siendo la proporción de clastos negros inferior al 10%. La textura es clástica, con distribución heterogénea de la matriz micrítica y de los componentes del esqueleto. La micrita ($<5 \mu\text{m}$) presenta aspecto denso y oscuro, posiblemente por asociación con filosilicatos. La porosidad es de tipo “channel”, “spongy”, “plane” y “simple packing”. Algunos de estos poros se asocian espacialmente a moldes de fibras vegetales. Se han observado rellenos de arena fina de origen eólico y composición silico-carbonática, con buena selección y redondez.

En el esqueleto predomina la fracción fina con tamaños superiores (milimétricos) subordinados. La fracción fina ($<0,25 \text{ mm}$) esta constituida por los siguientes componentes:

- Siliciclásticos (cuarzo, serpentina, plagioclasa, piroxeno, circón, opacos, microclina, mica, zoisita, clorita, esferulitos silíceos, anfíbol y cromita)
- Carbonáticos (agregados micríticos y bioclastos)

En algún grano de cuarzo se han identificado envueltas arcillosas que sugieren cutanes (argilán).

En la fracción gruesa predominan los fragmentos de roca carbonática subangulosa, texturalmente variada (fibrosa, bandeada, micrítica, esparítica). En mucha menor proporción se observan fragmentos de rocas ultrabásicas serpentinizadas.

Destaca la presencia de rasgos de deformación en poros y de retrabajamiento en agregados de clastos con envueltas laminares micríticas. Los componentes del esqueleto parecen disponerse con cierta estructura bandeada, incluyéndose en los mismos fragmentos de adobes.

3. 1. 3. QUIMISMO

Los análisis químicos representativos de los adobes estudiados se recogen en las **tablas 3 y 4**, para los elementos mayores y trazas, respectivamente.

Los análisis de los adobes (EMC-1, EMC-2) confirman la mineralogía identificada en las muestras, con mezcla de carbonatos y minerales silicatados, predominando silicio, calcio y magnesio. La diferencia de magnesio observada en las muestras se debe a la elevada proporción de dolomita en EMC-1; la de sodio a la presencia de halita. En los elementos traza es llamativa la proporción de estroncio que supera las 1000 ppm.

El análisis del adobe quemado EMC-3 muestra algunas diferencias significativas, así, la proporción de silicio es mayor, mientras que la pérdida por calcinación y el contenido en hierro decrecen. El rango de valores en los elementos traza es, sin embargo, muy similar.

3. 2. MATERIALES ARQUEOLÓGICOS PÉTREOS

Comprende materiales de carácter diverso recogidos en las excavaciones, tales como útiles de moler o de puertas, vasijas y escorias. Todos ellos están constituidos por minerales o rocas con diverso grado de manipulación humana. (**Tabla 1B**).

3. 2. 1. ÚTILES

Están constituidos por rocas de diverso tamaño, redondeadas o angulosas, que corresponden a útiles de moler (duras y de tono oscuro) o de puertas (blandas y de tono claro). Las litologías son gabros y peridotitas en los primeros, y carbonatos en los segundos.

Gabro (EMM-10, EMM-12, EMM-15, EMM-16, EMM-17)

Roca ígnea plutónica de carácter básico. Textura holocristalina, equigranular (anhedral granular) de tamaño de grano medio (1-5 mm). La mineralogía está constituida por plagioclasas (labradorita), clinopiroxenos (augita) opacos y anfíboles (tremolita-actinolita) (**Figura 8a**). Los clinopiroxenos presentan maclado y, localmente, intercrecimiento con términos rómbicos. Las plagioclasas muestran zonación y evidencias de alteración. Los anfíboles se disponen como producto de alteración de los piroxenos, frecuentemente en agregados fibrosos. Localmente se identifican texturas poiquilíticas y consertal de intercrecimiento (**Figura 8b**). En alguna muestra (EMM-16) se han observado microvéculas (300 μm) con rellenos de clorita rica en Fe y opacos.

En la muestra EMM-12 y EMM-15 se ha identificado también olivino por lo que la roca pasa a denominarse gabro olivínico (**Figura 8c**). El olivino se presenta en cristales redondeados de pequeño tamaño frecuentemente incluido en piroxeno o plagioclasa.

Peridotita (EMM-13)

Roca ígnea plutónica y ultrabásica. Textura holocristalina, equigranular (anhedral granular) de tamaño de grano medio a grueso (1-8 mm). La mineralogía está constituida por olivino como mineral predominante con clinopiroxeno subordinado y cristales dispersos de cromita (**Figura 7d**). El olivino se presenta en cristales redondeados con intensa fisuración y alteración; esta última confiere a la roca un tono marrón rojizo como resultado del desarrollo de iddingsita y de oxihidróxidos de hierro. El mosaico de minerales ferromagnesianos aparece atravesado por una red de microvéculas (90 μm) de magnesita que se dispone perpendicular a las paredes de las microfisuras con rellenos ocasionalmente laminados.

Carbonatos (EMM-11)

Biomicrocristal, packstone (grano-soportada). Porosidad muy baja. Presenta una gran acumulación de bioclastos enteros y fragmentados de pequeño tamaño (<400 μm), acompañados de peloides (granos micritizados). Destacan por su gran abundancia los restos de foraminíferos globulares (tipo globigerínidos) y los fragmentos de equinodermos, algas y bivalvos (**Figura 8e**). Se han identificado gránulos (150 μm) dispersos de glauconita y clastos de cuarzo de tamaño limo (<64 μm). Microvéculas tardías cortan en varias direcciones el carbonato con rellenos de esparita

Carbonatos (EMM-14)

Biomicrocristal, packstone (grano-soportada). Calcirrudita. Porosidad moderada a baja con rellenos esparíticos. Presenta bioclastos de gran tamaño (>2mm), que incluyen foraminíferos fusiformes (tipo discociclínidos) enteros y rotos así como placas de equinodermos y fragmentos de algas y bivalvos (**Figura 8f**). Dispersos terrígenos de

tamaño arena (<330 μm) y rombos de dolomita zonada de tamaño inferior a 200 μm . Localmente cementos de tipo “rim syntaxial”.

3. 2. 2. VASIJAS

Los restos de vasijas de Jabel Buhais muestran una textura en agregados de cristales de hábito laminar con tonos gris verdosos a casi negro, por lo que el color no es homogéneo (6GY4/1 a 5GY6/1). El brillo es graso a vítreo. La muestra EMM-8 presenta un aspecto diferente, con una aureola rojiza (10R4/6) y evidencias de amorfización del material original que pierde su brillo (mate) y adquiere una mayor compacidad, posiblemente por cementación.

Mineralógicamente (**Tabla 2**), están constituidas exclusivamente por clorita trioctaédrica ($d_{060} = 1,565 - 1,568 \text{ \AA}$) con una excelente cristalinidad (**Figura 9**). Una excepción es la muestra EMM-8 donde desaparecen las reflexiones del filosilicato, hay evidencia de desarrollo de fases amorfas y aparecen, como minerales neoformados de alta temperatura, piroxeno y olivino; estas características indican que el material sufrió temperaturas superiores a los 800°C (*Brindley y Lemaitre, 1987*).

Desde el punto de vista químico (**Tabla 5**) destaca el elevado contenido en Mg, Fe y Al; las fórmulas cristal químicas obtenidas son las que corresponden al carácter clorítico del material.

Otro posible resto de vasija procede del yacimiento de Thuqueibah (EMM-9). En este caso la muestra presenta color blanco (N_9) y una composición mineralógica de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (**Tabla 2**).

3. 2. 3. ESCORIAS

Las escorias presentan texturas vacuolares típicas, con predominio de minerales opacos en mosaico granulado, que, en detalle, ponen de manifiesto cristales de sección poligonal (euhédricos). En las superficies de la escoria se han reconocido cristales “whisker” de carbonatos, posiblemente relacionados con fenómenos de recarbonatación; asimismo, se han observado algunas vacuolas rellenas de arena fina eólica. En alguna muestra quedan restos del material original (con evidencias de trituración) y en otras sólo los productos del tratamiento térmico aplicado. Se ha observado que la fase mineral a partir de la cual se recupera el cobre es principalmente la brochantita ($\text{SO}_4\text{Cu}(\text{OH})_6$), asociada a menas de hierro (hematites, goethita). La presencia de minerales de la serie akermanita-gehlenita (melilitas) cementando poros, es indicativa del empleo de altas temperaturas (>800°C) durante el proceso de extracción del cobre, así como de la presencia de carbonatos.

El análisis químico de una de las escorias con mayor proporción de constituyentes metálicos (EMM-18) confirma el predominio de cobre acompañado por otros metales en mucha menor proporción como el hierro, níquel y arsénico (**Tabla 6**).

3. 3. MUESTRAS NATURALES DEL ENTORNO

Se incluyen aquí dos muestras procedentes de los depósitos del Wadi Yudayyah, próximo en la actualidad al yacimiento AM1 en Tuqueibah (**Tabla 1C**). Una de las muestras corresponde al sedimento del cauce (EMG-1) y la otra al substrato sobre el que deposita el wadi (EMG-2). Se trata de establecer si los sedimentos de este efímero curso de agua, guardan similitud composicional con los materiales empleados en los adobes.

Aunque es evidente que durante la edad del Hierro el wadi no tenía porqué seguir el curso actual, asumimos que puesto que el área madre ha sido la misma las características del sedimento depositado serían similares. Criterios sedimentológicos aplicados a los niveles detríticos observados en los perfiles estratigráficos realizados en el yacimiento, confirman la presencia de depósitos de wadi desde el comienzo de los asentamientos de pobladores en esta región.

Se han estudiado también muestras procedentes del basamento rocoso (terreno natural) del yacimiento AM1, recogidas durante la elaboración de un perfil estratigráfico entre las casas 0 y 2 (**Figura 1d**). Los materiales muestreados se han recogido en la zona inferior (EMG-3) y superior (EMG-4) del basamento, separadas entre sí 1,20 metros, aprovechando una cavidad artificial con relleno clástico (EMG-5).

Sedimentos del wadi (EMG-1)

Presenta color marrón chocolate (10YR5/4). Se trata de una arena arcillosa compuesta de minerales claros o ligeramente anaranjados con una matriz fina asociada y que engloban clastos subredondeados dispersos de tamaño mucho mayor (<1 cm) y color negro. Los granos de arena son muy finos (0,12-0,062 mm). Localmente se acumulan granos de arena muy limpios en porosidades secundarias ligadas a bioturbación.

Mineralógicamente (**Tabla 2**) predomina la calcita que supera el 50%, le siguen en orden de abundancia filosilicatos, feldespatos y cuarzo; en muy baja proporción se ha identificado dolomita. Su diagrama de DRX comparado con los de los adobes se muestra en la **figura 4c**. En la fracción arcilla se han identificado serpentina, paligorskita y fases hinchables (esmeclita o interestratificados) todas con deficiente cristalinidad (**Figura 5c**).

El análisis químico (**Tablas 3 y 4**) corrobora la composición mineralógica siendo muy similar al de las muestras de adobes, exceptuando un ligero incremento en la proporción de hierro y una significativa disminución en el contenido de estroncio.

La textura es clástica, reconociéndose en ella una fracción gruesa y otra fina pero seriada, es decir, coexisten tamaños muy diversos lo que indica que la selección global no es buena; ésta es mejor considerando solo la fracción fina y excelente en el relleno de poros por depósitos eólicos. El esqueleto se engloba en una matriz micrítica (<5 μm) escasa, originándose una fábrica grano-soportada (**Figura 6d**). Se han observado poros de tipo "channel", "vugh" y "simple packing". Los componentes finos (<0,25 mm) del esqueleto son predominantemente carbonáticos (agregados micríticos redondeados y bioclastos) o siliciclásticos (cuarzo, piroxeno, circón, esferulitos de chert, anfíbol plagioclasa y cromita). En fracciones más gruesas (2-3 mm) se reconocen agregados micríticos bioturbados, carbonatos esparíticos y fragmentos de rocas básicas y ultrabásicas (gabros y peridotitas serpentinizadas).

Material del entorno del wadi (EMG-2)

Es un material terroso muy fino, predominando el tono grisáceo verdoso (5Y8/1). Muestra evidencias de bioturbación y clastos dispersos de tono negro o verde-amarillento, de tamaño sefítico, con predominio de los tamaños menores de 5 mm.

El estudio mineralógico (**Tabla 2**) indica predominio de los carbonatos, siendo el más abundante la calcita pero con una proporción importante (>25%) de dolomita; paralelamente decrece la proporción de terrígenos (cuarzo y feldespatos) y de filosilicatos (serpentina).

La textura es clástica con distribución seriada de tamaños, adquiriendo relevancia

los clastos con tamaños gruesos (>1 mm). La matriz dolomericítica (<5 μm) es muy abundante y densa, originando una fábrica matriz-soportada. La porosidad de tipo “vugh” y “channel” es frecuente, a menudo ligada a bioturbación. Ocasionalmente, en zonas rellenas por detríticos se desarrolla porosidad de tipo “simple packing”. Destaca en el esqueleto la gran variedad de constituyentes y su mala selección global. En la fracción más fina ($<0,25$ mm) se han reconocido componentes carbonáticos (agregados micríticos redondeados, granos de esparita, bioclastos y rombos de dolomita) y siliciclásticos (cuarzo, piroxeno, chert y plagioclasa). La fracción gruesa (>1 mm) es predominante, habiéndose identificado constituyentes carbonáticos (fragmentos de carbonatos micríticos, ocasionalmente con bandeados fibrosos o con fisuración en varias direcciones y rellenos esparíticos) y siliciclásticos (serpentina, peridotita alterada, piroxeno, chert bandeado y fragmentos de roca ácida con cuarzo y turmalina).

Terreno natural de M1 (base) (EMG-3)

Material clástico rico en carbonatos de color marrón grisáceo claro (10YR8/2), compacto y moderadamente duro, en el que se han reconocido evidencias de bioturbación con rellenos detríticos sueltos, más oscuros. Localmente, se han detectado cementos con microcristales aciculares de yeso.

Mineralógicamente (**Tabla 2**) predomina la calcita con moderados contenidos en cuarzo, dolomita y filosilicatos, en baja proporción feldespatos. En la fracción arcilla se detectan indicios de posible paligorskita con muy baja cristalinidad.

El análisis químico (**Tablas 3 y 4**) es muy similar a los obtenidos para los adobes, siendo la diferencia más significativa un menor contenido en estroncio.

Rellenando éste material se ha recogido una muestra detrítica suelta (EMG-5) caracterizada por su fina granulometría ($<0,25$ mm) y por una mineralogía (**Tabla 2**) en la que predomina la calcita y los filosilicatos (serpentina); subordinados cuarzo, dolomita y feldespatos.

Terreno natural de AM1 (techo) (EMG-4)

Material muy detrítico de color marrón (10YR7/4), incluye clastos milimétricos de tonos más claros dispersos en una masa constituida por granos de fracción fina ($<0,25$ mm). Compacidad moderada a baja.

La composición mineralógica (**Tabla 2**) es similar a la de la muestra (EMG-3) pero con un ligero incremento en la proporción de filosilicatos y descenso en la de terrígenos (cuarzo y feldespatos) y calcita.

4. DISCUSIÓN

4.1. ADOBES Y SUELO

El estudio mineralógico de los elementos estructurales (adobes, suelo) pone de manifiesto una composición similar a la de los materiales del entorno físico, esto es, de los depósitos del wadi próximo. Los adobes presentan un predominio de carbonatos, fundamentalmente calcita, junto a cuarzo y otros minerales silíceos bien seleccionados (0,250-0,125 mm) en los que la coexistencia de granos con diverso grado de redondez implica mezcla de sedimentos fluviales y eólicos. La fracción gruesa añadida procede claramente de depósitos de wadi sedimentados en los episodios de mayor energía. El

carácter poligénico de los constituyentes indica un área madre de variada litología. La fracción carbonática procede fundamentalmente de las unidades calcáreas de los Jabels, aunque determinadas texturas indican retrabajamiento de costras calcáreas. Los componentes siliciclásticos máficos proceden de los gabros, peridotitas y serpentinas de las Montañas de Omán. Los minerales félsicos procederían de rocas metamórficas, de filoncillos de cuarzo que cortan los complejos de rocas básicas y de aportes eólicos.

Es de destacar en estos adobes el bajo contenido de filosilicatos en la fracción arcilla ($<2 \mu\text{m}$), que se relaciona con las condiciones de aridez de la zona, lo que impide una apreciable actuación de los procesos de la meteorización química. Esto explicaría la pobreza en illita o esmectita y la presencia de paligorskita, mineral este último característico de suelos desarrollados en zonas áridas (*Singer, 1984*). El filosilicato más abundante es la serpentina que se presenta en fracciones gruesas como clastos de arena o grava. Este mineral es el resultado de la alteración hidrotermal de rocas básicas y ultrabásicas de los complejos ofiolíticos (Manto de Semail).

Químicamente, los adobes son también similares a los depósitos del wadi o del basamento del yacimiento AM1, excepto en el contenido de estroncio en los elementos traza, que en los adobes alcanza el doble de concentración.

En comparación con las muestras naturales los adobes presentan texturas clásticas, con mejor selección de los constituyentes y distribución más homogénea. Otras diferencias significativas son la presencia de poros móldicos de fibras vegetales y la existencia de restos de adobes reciclados.

En los denominados adobes quemados destaca mineralógicamente la práctica desaparición de los filosilicatos y, texturalmente, el enrojecimiento y amorfización de los clastos con serpentina y el oscurecimiento irregular de la matriz. La ausencia en estos adobes de esmectita (detectada en pequeña cantidad en adobes no quemados y en depósitos del wadi) indica que el calentamiento alcanzó entre 400 y 500°C. En algún caso incluso debió llegar a 700°C, tal y como pone de manifiesto el desarrollo incipiente de calcita secundaria recubriendo poros, lo que se interpreta como resultado de la hidratación y posterior recarbonatación de la cal originada por la acción térmica.

La existencia de muros elaborados con adobes de aspecto distinto es patente en la denominada Casa 0. Sobre un muro de adobe muy claro (EMC-1, con abundante dolomita), se construyó otro de tono oscuro, caracterizado por el empleo de adobes con una elevada proporción de clastos ferromagnesianos (EMC-2). Esto sugiere dos fases de construcción separadas en el tiempo con un criterio meramente ornamental o práctico.

La muestra de adobe EMC-3, datada como perteneciente a la fase 1 de construcción, presenta una textura muy distinta al resto de los adobes (quemados o no), caracterizada por el empleo de un esqueleto denso de fibras vegetales de pequeño tamaño.

El suelo de asentamiento estudiado muestra evidencias texturales de deformación por compactación y el desarrollo de envueltas cutánicas en granos, lo que confirma su papel de substrato del asentamiento. En su composición es destacable la práctica ausencia de clastos oscuros y el reciclaje de adobes.

4. 2. ÚTILES

Los resultados obtenidos indican el empleo de materiales distintos para objetivos diferentes. Así, para la molienda los útiles empleados proceden de rocas ígneas duras y compactas, habiéndose reconocido gabros y peridotitas. El predominio de los primeros estaría en relación con el mayor grado de fracturación y alteración que presentan las peridotitas. En el caso de útiles para la articulación de puertas el material elegido ha sido

la caliza, más blanda y fácil de taladrar.

El área de procedencia de las calizas y peridotita podría haber sido el cercano Jabel Buhais. Este anticlinal desventrado muestra en su núcleo afloramientos de rocas peridotíticas, con frecuente fracturación y rellenos de alteración similares a los de la muestra del yacimiento. Por otra parte, las calizas (biomicritas) presentan texturas y fósiles similares a los encontrados en diversos tramos del mencionado cerro.

Los útiles de gabro y gabro olivínico parecen tener un área de procedencia más alejado, ya que no abundan en los Jabels próximos. Estas rocas básicas son muy frecuentes en las Montañas de Omán, al este del yacimiento, donde presentan excelentes afloramientos.

4. 3. VASIJAS

El estudio de los restos de vasijas procedentes de la necrópolis de Jabel Buhais (AM32) evidencia una composición clorítica. El área de procedencia sería metamórfica, pudiéndose presentar como producto de alteración en rellenos de grietas. En el entorno próximo no se ha reconocido este mineral, lo que sugiere su ubicación en las Montañas de Omán o una procedencia alóctona.

El fragmento de vasija de yeso del yacimiento AM1 debe proceder de depósitos terciarios asociados a Jabels con series estratigráficas más completas.

4. 4. ESCORIAS

Los resultados indican que el metal beneficiable era el cobre, el material de partida se encontraba triturado o se presentaba ya en forma de clastos en su zona de explotación. La asociación de depósitos de cobre con las rocas básicas y ultrabásicas de los complejos ofiolíticos indican un área madre en las Montañas de Omán. El cobre es una de las mayores riquezas de las de esta región, ya conocido y explotado por la cultura de Umm an-Nar (2600-2000 años a.C.), existiendo desde entonces numerosas evidencias de su prospección y tratamiento metalúrgico (Tosi, 1975).

5. CONCLUSIONES

1) La composición química y mineralógica de los elementos estructurales (suelo y adobes) es similar a la de los depósitos de wadi próximos. Las condiciones de aridez de la zona, al impedir la actuación de procesos de alteración química, dificultan la evolución de los filosilicatos, muy escasos en la fracción $< 2 \mu\text{m}$. La presencia de paligorskita es coherente con este régimen climático. La ausencia de esmectitas en los adobes quemados indica que estuvieron sometidos a la acción de temperaturas superiores a los 400°C. El estudio textural pone de manifiesto diferencias en la elaboración de los adobes durante la fase I y II de construcción.

2) Los materiales utilizados en la articulación de puertas son carbonatos, mayoritariamente cálcicos, que deben proceder del cercano anticlinal de Jabel Buhais. Esta misma procedencia tendrían los útiles de molienda fabricados en peridotita. En cuanto a los utensilios hechos de gabro, este mineral no aflora en áreas cercanas, por lo que podría proceder de los complejos ofiolíticos de las Montañas de Omán.

3) Las vasijas estudiadas están fabricadas exclusivamente con clorita trioctaédrica. Dado que este mineral no ha sido detectado en la zona, su procedencia se puede fijar también en las Montañas de Omán o en áreas más lejanas. La total destrucción de la clorita y la

aparición de fases neoformadas en uno de los restos permite establecer la acción de temperaturas superiores a 800°C sobre esta vasija.

4) Las escorias estudiadas indican que el mineral empleado para la obtención de cobre era la brochantita. La presencia de melilitas cementando poros en estas escorias evidencia la acción de temperaturas superiores a 800°C.

6. REFERENCIAS

BRINDLEY, G.W. y LEMAITRE, J. (1987)

Thermal, Oxidation and Reduction Reactions of Clay Minerals. En: Chemistry of Clays and Clay Minerals. (Ed. A.C.D. Newman). Chap. 7. Pp. 319-370. Mineralogical Society. Monograph nº6. Longman Scientific & Technical, London.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIOUS, A., STOOPS, G.J. y TURSINA, T. (1985)

Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research Publishers, Wolverhampton, 152 pp.

CÓRDOBA, J. (1998)

Los poblados de la Edad del Hierro en el piedemonte de las Montañas de Omán. Reflexiones desde al-Madam (Sharyah, EAU). ISIMU. Vol.1. 85-91.

CÓRDOBA, J. y MOUTON, M. (1995)

La Cultura del Hierro en la Península de Omán. Excavaciones hispano-francesas en el emirato de Sharyah. Revista de Arqueología 169: 16-25.

COURTY, M.A., GOLDBERG, P. y MACPHAIL, R. (1989)

Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press. 344 pp. Cambridge

GLENNIE, K.W., BOEUF, M.G.P., HUGHES CLARKE, M.W., MOODY-STUART, M., PILAAR, W.F.H. y REINHARDT, B.M. (1973)

Late Cretaceous nappes in Oman Mountains and their Geological Evolution. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. V.57, 5-27.

POZO, M. (1998)

Contribución de la investigación geológica en la resolución de problemas arqueológicos de las culturas antiguas. Arbor nº 635-636, 293-310.

POZO, M., CASAS, J., MORENO, A., MARTÍN RUBÍ, J.A. y MEDINA, J.A. (1996)

Estudio mineralógico, textural y químico de restos de cerámica Halaf en el valle del río Balih (Norte de Siria). Bol. Soc. Esp. Mineralogía 19. 85-99.

POZO, M., CASAS, J., MORENO, A. y MARTÍN RUBÍ, J.A. (1998)

Aplicación de técnicas geológicas al estudio de fragmentos de cerámica Halaf de la cuenca del río Balikh (Siria). ISIMU. V.1, 296-308.

SINGER, A. (1984)

Pedogenic palygorskite in the arid environment. En: Palygorskite-Sepiolite. Occurrences,

Genesis and Uses. (Eds. Singer,A & Galán,E), pp. 169-176. Development in Sedimentology, 37. Elsevier, Amsterdam.

TOSI, M. (1975)

Notes on the Distribution and Exploitation of Natural Resources in Ancient Oman. The Journal of Oman Studies. Vol.I, 187-206. Published by the Ministry of Information and Culture. Sultanate of Oman.

A) ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS ESTRUCTURALES

MUESTRA ESTUDIO	MUESTRA EXCAVA.	COLOR MUNSELL	TIPO DE MUESTRA	UBICACION/FASE
EMC-1	AD-1	5Y7/2 (YELLOW GRAY)	ADOBE	CASA 0 / F1
EMC-2	AD-2	5YR 7/2 (GRAYISH ORANGE PINK)	ADOBE	CASA 0 / F2
EMC-3	S-26	N5 (MEDIUM GRAY)	ADOBE QUEMADO	CASA 1 / F1
EMC-4	S-44	5YR7/2 (GRAYISH ORANGE PINK)	ADOBE	CASA 2 / F2
EMC-5	S-44Q	10YR7/4 (VERY PALE ORANGE)	ADOBE QUEMADO	CASA 2 / F2
EMC-6	S-48	10YR7/4 (GRAY ORANGE)	ADOBE	CASA 2 / F2
EMC-7	S-68	5YR6/4 (LIGHT BROWN).	ADOBE	CASA 1-0 / F1
EMC-8	MA	10YR7/4 (GRAY ORANGE)	ADOBE	CASA 2
EMC-9	MS	5Y7/2 (YELLOW GRAY)	SUELO	CASA 2

B) MATERIALES DE LAS EXCAVACIONES

MUESTRA ESTUDIO	MUESTRA EXCAVA.	COLOR MUNSELL	TIPO DE MUESTRA	UBICACION/FASE
EMM-1	M-27	5GY4/1 (DARK GREENISH GRAY)	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-2	M-33	5GY6/1 (GREENISH GRAY)	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-3	M-34	5GY4/1	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-4	M-38	5GY4/1	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-5	M-39	5GY4/1	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-6	M-44	5GY4/1	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-7	M-45	5Y7/2 (YELLOWISH GRAY)	VASIJA	JABEL BUHAIS
EMM-8	M-46	NUCLEO 5GY4/1 ENVUELTA 10R4/6 (MOD.RED.BROWN)	VASIJA CON TRATAMIENTO TÉRMICO	JABEL BUHAIS
EMM-9	S-28	N9 (WHITE)	VASIJA	CASA 1
EMM-10	M-121		UTIL DE MOLER	CASA 1 / F2
EMM-11	M-125		UTIL DE PUERTA	CASA 2 / F2
EMM-12	M-128		UTIL DE MOLER	CASA 2 / F2
EMM-13	M-129		UTIL DE MOLER	CASA 1 / F2
EMM-14	M-130		UTIL DE PUERTA	CASA 1 / F2
EMM-15	M-132		UTIL DE MOLER	CASA 1 / F2
EMM-16	M-133		UTIL DE MOLER	CASA 1 / F2
EMM-17	M-137		UTIL DE MOLER	CASA 1-2 / F2
EMM-18	S-8	N3 (BLACK)	ESCORIA	CASA 1 / F2
EMM-19	S-30	N3 (BLACK)	ESCORIA	CASA 2 / F2
EMM-20	S-41	N3 (BLACK)	ESCORIA	CASA 2 / F2
EMM-21	S-109	N3 (BLACK)	ESCORIA	CASA 2 / F2

C) MATERIALES GEOLÓGICOS

MUESTRA ESTUDIO	MUESTRA EXCAVA.	COLOR MUNSELL	TIPO DE MUESTRA	UBICACION/FASE
EMG-1	S-WADI	10YR5/4 MOD. YELLOW BROWN	SEDIMENTO DEL WADI	WADI
EMG-2	S-127	5Y8/1 YELLOWISH GRAY	SUBSTRATO DEL WADI	WADI
EMG-3	UF-344L	10YR8/2 VERY PALE ORANGE	BASAMENTO DEL YACIMIENTO (LOW)	POBLADO AM1
EMG-4	UF-344H	10YR7/4 GRAYISH ORANGE	BASAMENTO DEL YACIMIENTO (HIGH)	POBLADO AM1
EMG-5	UF-344S		RELLENO EN UF-344	POBLADO AM1

TABLA 1

MUESTRA	*FILOSILICATOS	CUARZO	FELDESPATOS	CALCITA	DOLOMITA	OTROS
EMC-1	9	8	15 (P>O)	38	25	HALITA (5), * PALI + SERPENTINA
EMC-2	21	9	11 (P>O)	49	10	*SERPENTINA (9)
EMC-3	0	20	16 (P)	56	8	OLIVINO (1d)
EMC-5	3	18	6 (P>O)	73	0	*MICA (3)
EMC-6	10	17	22 (P>>O)	44	7	*SERPENTINA (3)
EMC-7	8	16	12 (P<O)	50	5	*SERP. (8), ILLITA, PALI, PIROXENO (9)
EMC-8	16	14	15 (P)	47	8	*SERPENTINA (9)
EMG-1	20	11	14 (P)	50	5	*PALI>SERPENTIN >ESMECT>CAOLI.
EMG-2	13	5	3 (P)	52	27	*SERPENTINA
EMG-3	10	19	7 (P>>O)	45	12	*PALIGORSKITA
EMG-4	17	21	8 (P>O)	39	15	*SERPENTINA (5)
EMG-5	31	15	4 (P μ O)	40	10	*SERPENTINA (27)
EMM-1 a 7	100	0	0	0	0	*CLORITA
EMM-8	-	0	0	0	0	AMORFIZADO
EMM-9	0	0	0	0	0	YESO (100)

TABLA 2

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA GLOBAL (%)
(P. Plagioclasa. O. Feldespato potásico)

MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	ppc
(EMC-1)	31,69	4,34	2,26	20,35	0,20	0,048	0,79	10,98	<0,05	1,82	25,72
(EMC-2)	39,16	5,25	2,38	20,98	0,19	0,048	0,68	8,79	<0,05	0,63	21,89
(EMC-3)	43,35	5,50	1,73	21,19	0,19	0,049	0,81	6,04	0,29	0,97	19,86
(EMG-3)	40,18	5,81	1,89	21,15	0,21	0,042	0,82	5,53	<0,05	0,94	23,14
(EMG-1)	43,14	6,53	3,06	19,00	0,26	0,068	0,94	6,41	<0,05	0,62	19,97

TABLA 3

ANÁLISIS QUÍMICOS DE ELEMENTOS MAYORES (%)

MUESTRAS: EMC-1,2. (ADOBES). EMC-3 (ADOBE QUEMADO). EMG-3 (BASE YACIMIENTO). EMG-1 (DEPÓSITOS DEL WADI).

Muestra	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Sc	V	Y	Zn	Rb	Sr	Zr
EMC-1	133	11	14	105	13	6	12	231	4	31	5	31	24	1052	57
EMC-2	125	10	18	134	9	6	11	315	4	27	5	27	21	1216	47
EMC-3	183	11	9	84	21	7	<10	167	3	23	6	27	22	1022	50
EMG-3	151	13	7	95	9	8	11	137	4	27	6	20	28	556	56
EMG-1	173	16	19	135	18	10	14	297	6	37	7	35	31	458	87

TABLA 4

ANÁLISIS QUÍMICOS DE ELEMENTOS MENORES Y TRAZAS (ppm)

MUESTRAS: EMC-1,2 (ADOBES). EMC-3 (ADOBE QUEMADO). EMG-3 (BASE DEL YACIMIENTO). EMG-1 (DEPÓSITOS DEL WADI).

MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ppc
EMM-4	29,74	20,08	10,29	0,47	0,34	0,034	<0,10	27,26	<0,05	<0,05	11,80
EMM-6	30,53	19,13	9,48	0,22	0,30	0,029	<0,10	28,70	<0,05	<0,05	11,61
EMM-8	32,53	21,44	8,44	2,40	0,32	0,035	<0,10	31,35	0,081	<0,05	3,35

FÓRMULAS CRISTALOQUÍMICAS DE LAS VASIJAS DE CLORITA DEL YACIMIENTO DE JABEL BUHAIS

EMM-4



EMM-6



TABLA 5

ANÁLISIS QUÍMICOS DE VASIJAS VERDES Y FÓRMULAS CRISTALOQUÍMICAS

CONTENIDOS EN %.

Al	As	Ca	Cu	Fe	Ni	Zn
0,2	0,25	1	60,10	4,01	0,49	0,14

CONTENIDOS EN ppm

Ag	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	La	Nb	Sb	V	W	Y
70	20	1	12	<5	443	22	<5	27	74	16	92	1

TABLA 6

ANÁLISIS QUÍMICO DE LA MUESTRA EMM-18 (ESCORIA)

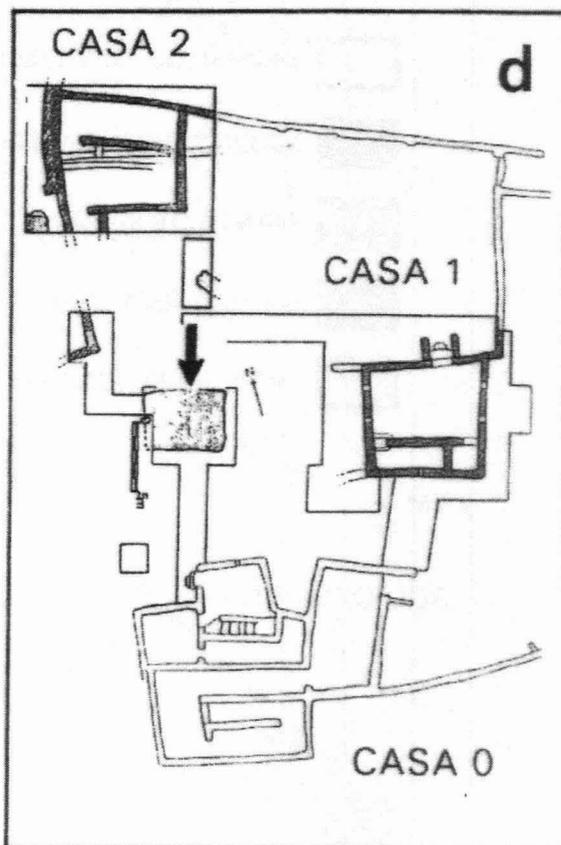
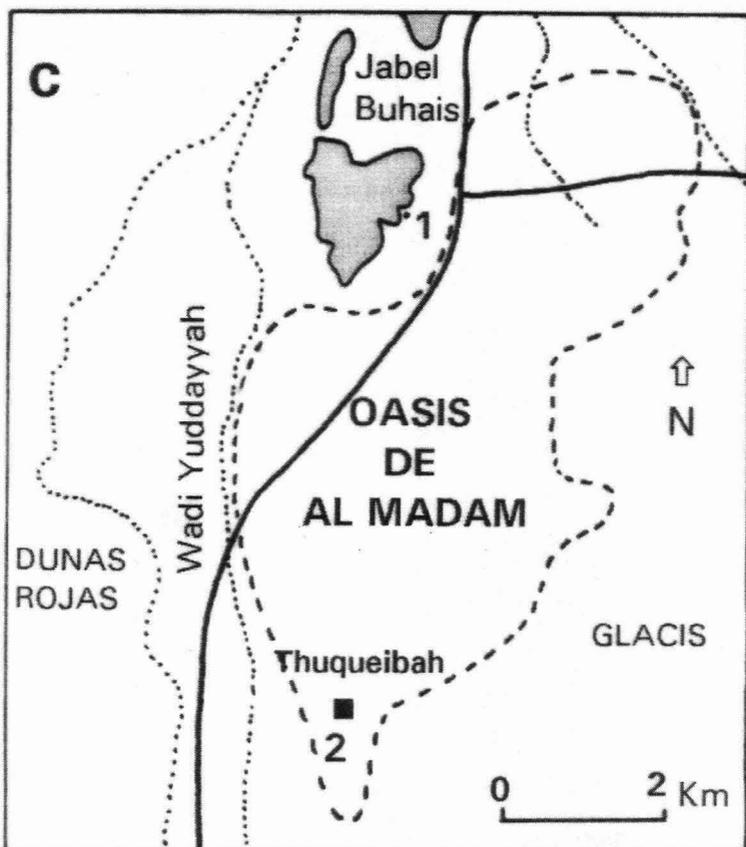
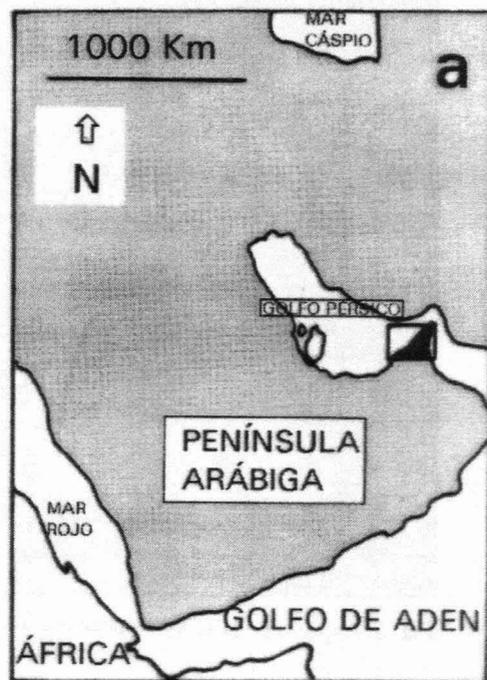


Fig. 1: Marco geográfico a varias escalas. a) Localización de la zona de estudio en la Península Arábiga. b) Encuadre del oasis de al-Madam y núcleos urbanos de referencia. c) Detalle del oasis de al-Madam y elementos fisiográficos asociados. El punto 1 indica la necrópolis AM32. El cuadrado 2 muestra la posición del poblado AM1. d) Planta del poblado excavado en las proximidades de Thuqueibah (AM1). La flecha indica la posición en la que se alcanzó y tomo muestra del sustrato natural del yacimiento.



Fig. 2: Aspecto de la Casa 1 excavada, obsérvese la consistencia y grosor de los muros de adobe.

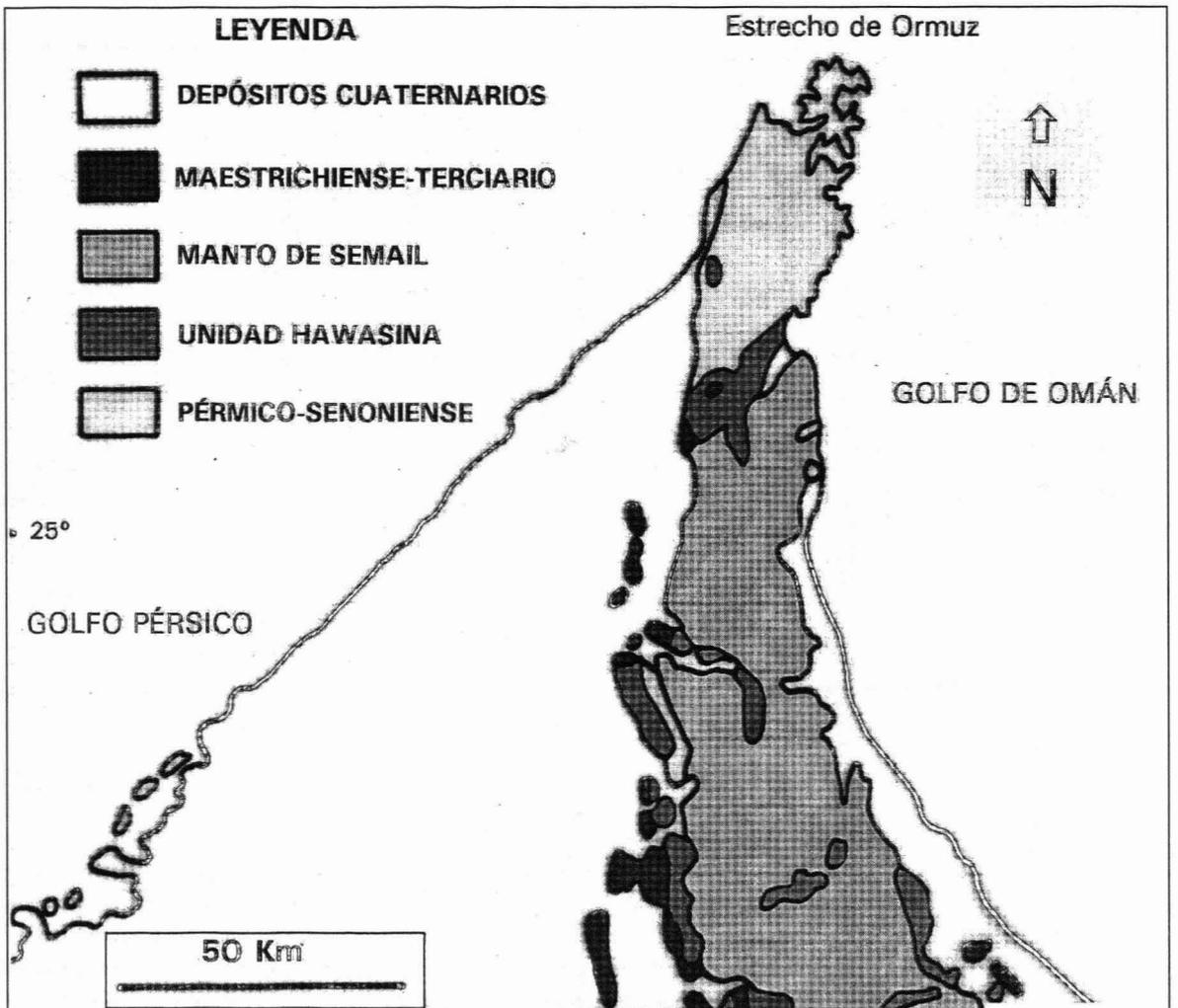


Fig. 3: Geología parcial de las Montañas de Omán y zonas limítrofes. (adaptado de Glennie et al., 1973). El recuadro señala la zona de estudio.

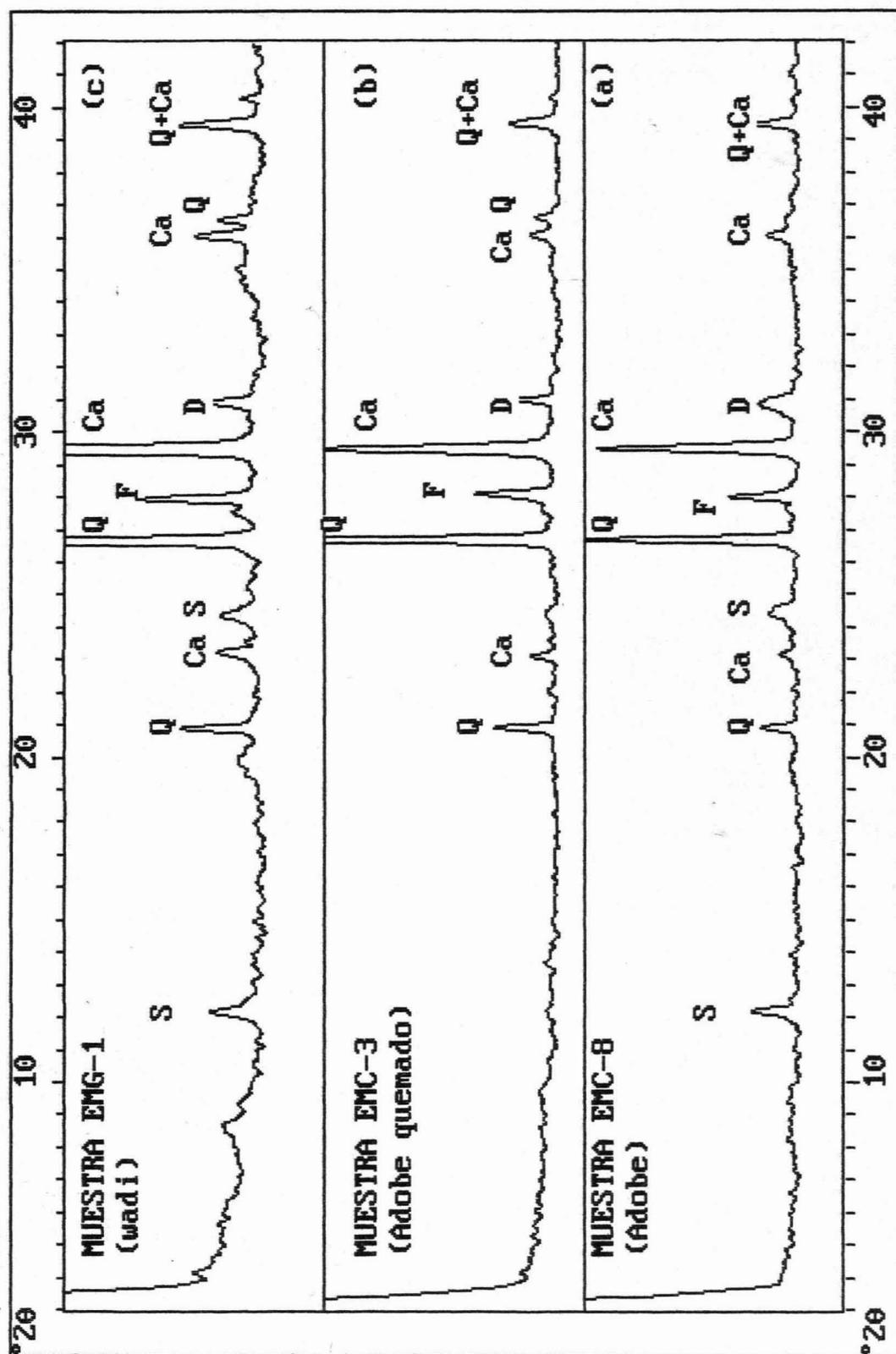


Fig. 4: Comparación de la mineralogía global de muestras representativas. S. Serpentina. Q. Cuarzo. Ca. Calcita. F. Feldspatos. D. Dolomita.

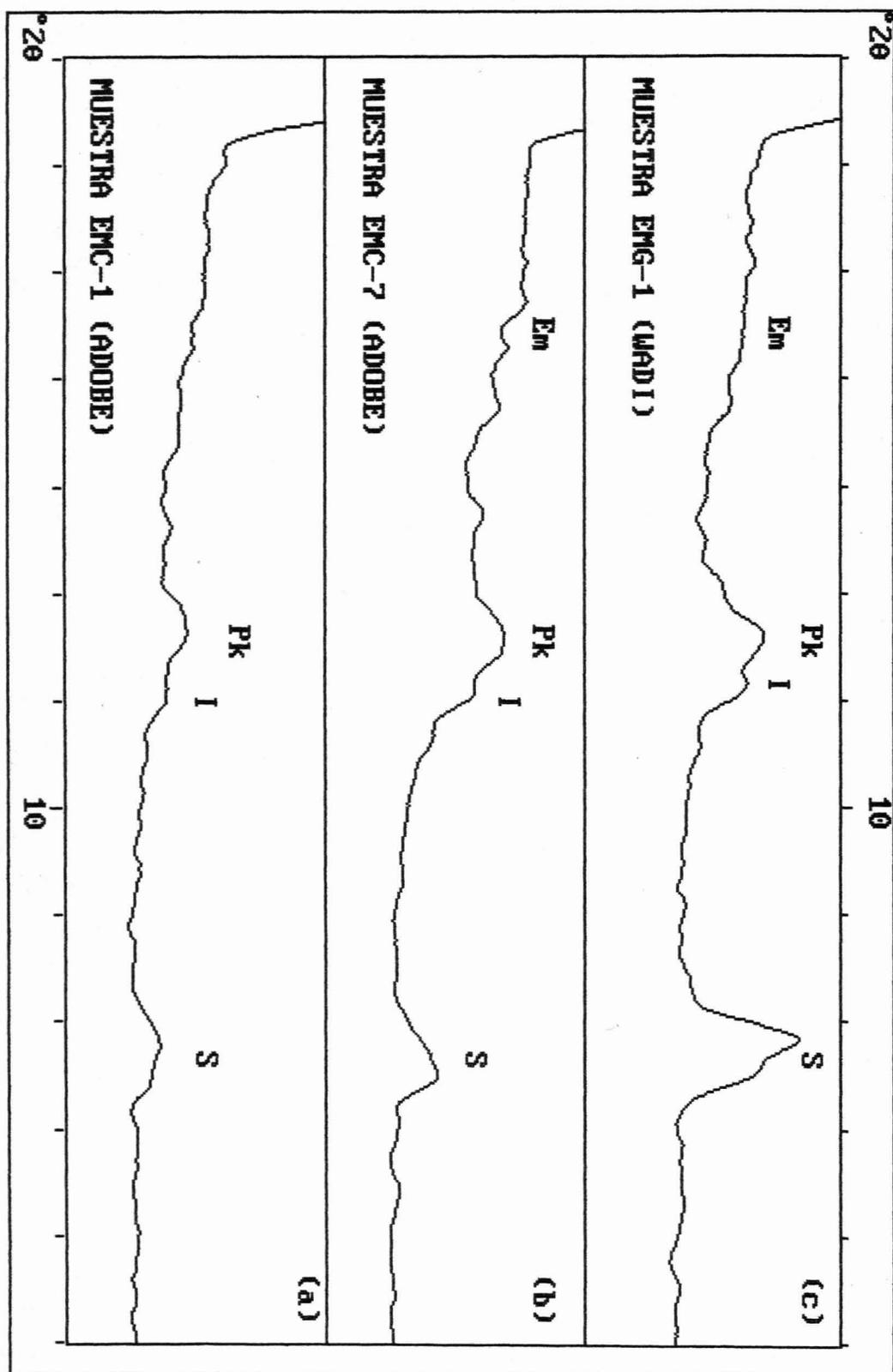


Fig. 5: Comparación de la mineralogía de la arcilla en el sedimento del wadi y muestras de adobes. Em. Esmectita. Pk. Paligorskita. I. Illita. S. Serpentina.

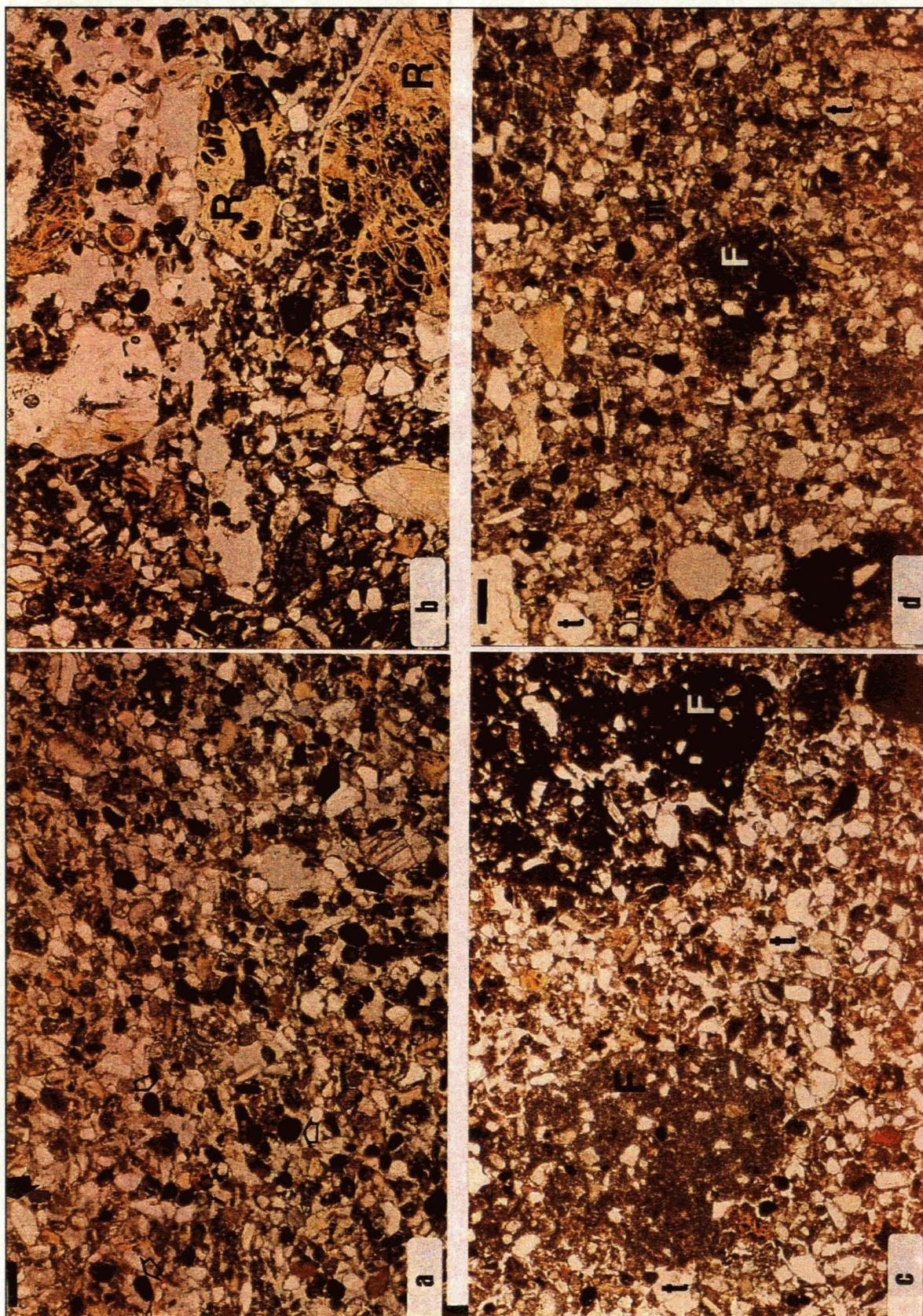


Fig. 6: ADOBES. Escala (barra=0,24 mm).

- a) Aspecto general de un adobe mostrando fábrica grano-soportada. Se observan granos oscuros y redondeados de micrita (flechas huecas) y terrígenos (flechas negras). (NÉ).
- b) Textura de adobe mostrando la existencia de dos fracciones granulométricas: fina y gruesa. Destaca en la fracción gruesa la presencia de fragmento de rocas ultrabásicas (R). (NÉ).
- c) Detalle de fragmentos de adobes reciclados en una muestra con frecuentes terrígenos (t) de tamaño mucho menor. (NÉ).
- d) Textura de la muestra de sedimento del wadi, mostrando terrígenos (t), fragmentos de carbonatos con fósiles (f) y una matriz micrítica (m). (NÉ).

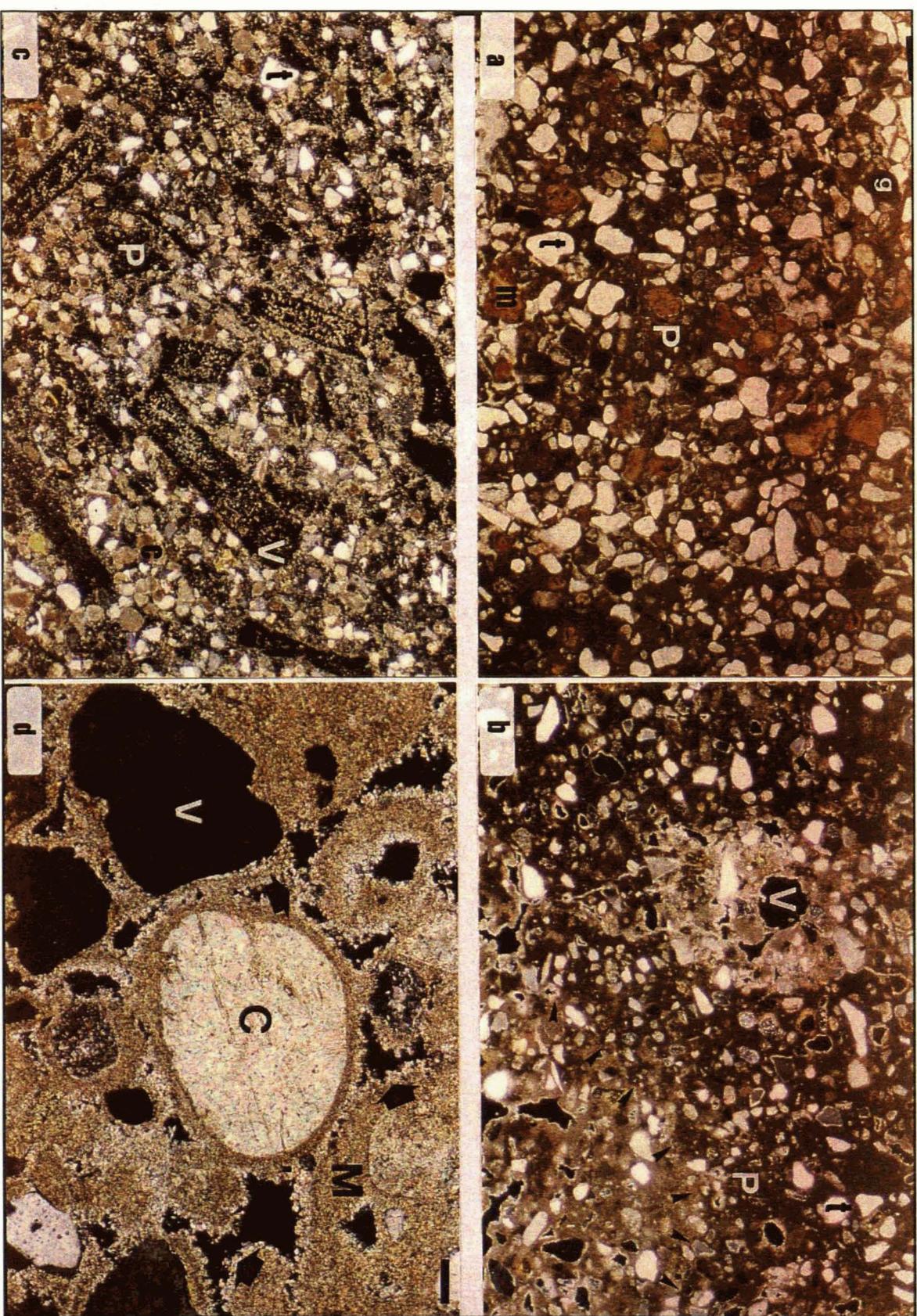


Fig. 7: ADOBES QUEMADOS. Escala (barra= 0,24 mm).

- a) Textura general mostrando un esqueleto constituido por granos micríticos oscuros (g), terrígenos (t) y granos anaranjados (m). Estos componentes están englobados en una pasta densa (P) de distribución heterogénea. (NÉ).
- b) Detalle del cambio de tonalidad de la pasta (P) con terrígenos (t), que le confiere aspecto parcheado. El poro circular (V) se relaciona con moldes de finas fibras vegetales. (N+).
- c) Detalle de textura con frecuentes restos de fibras vegetales que originan poros móldicos (V), con carbonatos (c), terrígenos (t) y una pasta (P) parcialmente isotropizada. (N+).
- d) Detalle de fenómenos de recarbonatación afectando a matriz micrítica (M). Obsérvese la aureola oscura alrededor de la placa de carbonato (C), el desarrollo de poros (V) y su recubrimiento por cementos calcáreos secundarios (flechas). Escala (barra=55 lm). (N+).

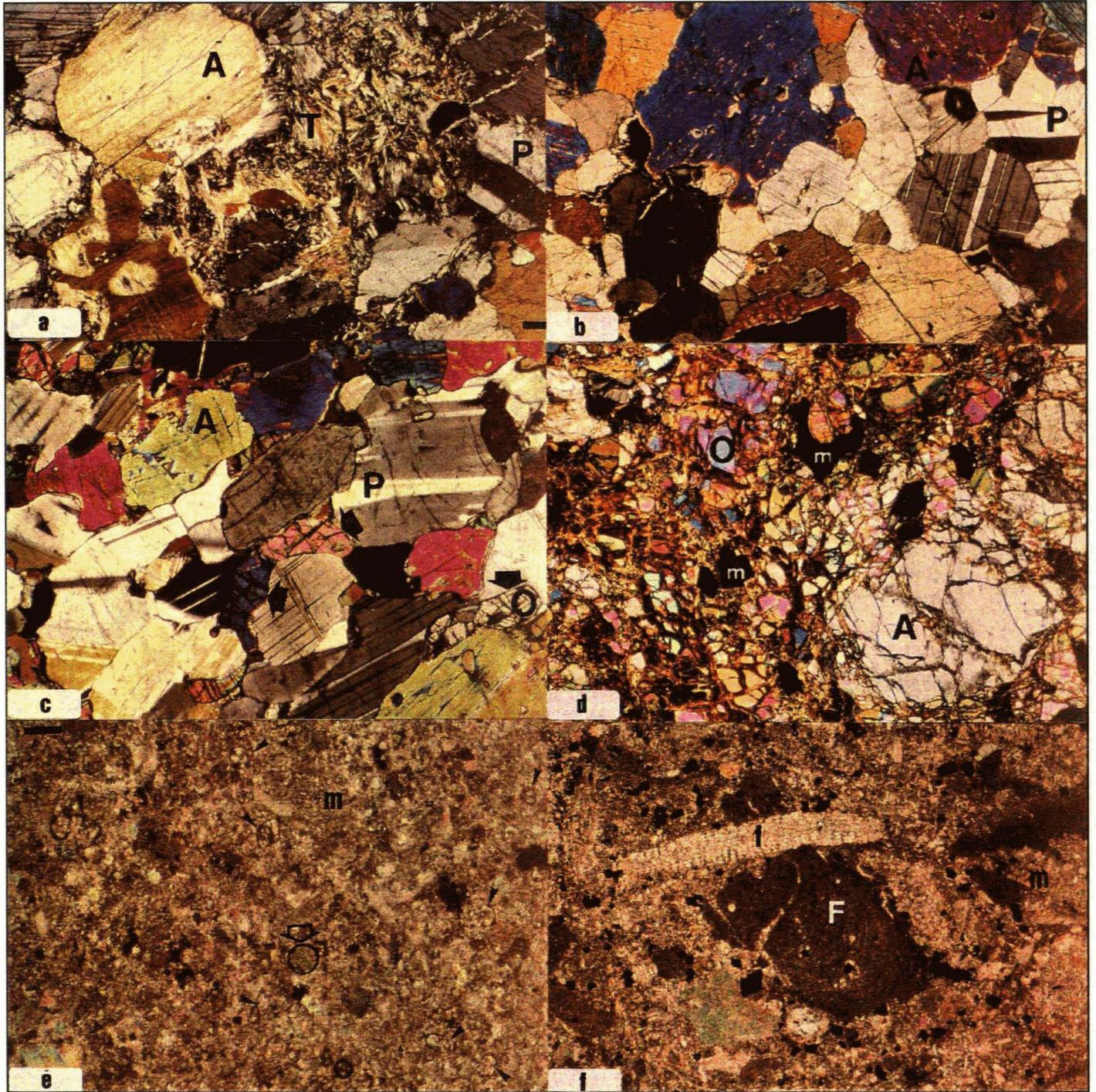


Fig. 8: TEXTURAS DE ROCAS PROCEDENTES DE ÚTILES DE AM1. Escala (barra=0,24 mm).

- a) Textura de gabro mostrando plagioclasas (P), piroxenos (A) y agregados fibrosos de anfíboles (tremolita-actinolita) como producto de alteración. (N+).
- b) Gabro con piroxenos (A) y plagioclasas (P), mostrando texturas poiquiliticas y localmente consertal. (N+).
- c) Textura de gabro olivínico donde se reconocen plagioclasas (P), piroxenos (A) y olivino (O, flechas). (N+).
- d) Peridotita intensamente fracturada, se identifica olivino (O), piroxenos (A) y minerales opacos que son cromita (m). (N+).
- e) Caliza con textura biomicrofítica. Se reconocen bioclastos de foraminíferos de pequeño tamaño (flechas negras), matriz de micrita (m) y gránulos de glauconita (círculo y flecha hueca). (N+).
- f) Caliza biomicrofítica gruesa (calcirrudita). Se observan restos de foraminíferos (f) y restos algáceos (F) grano-soportados en una matriz de micrita (m). (N+).

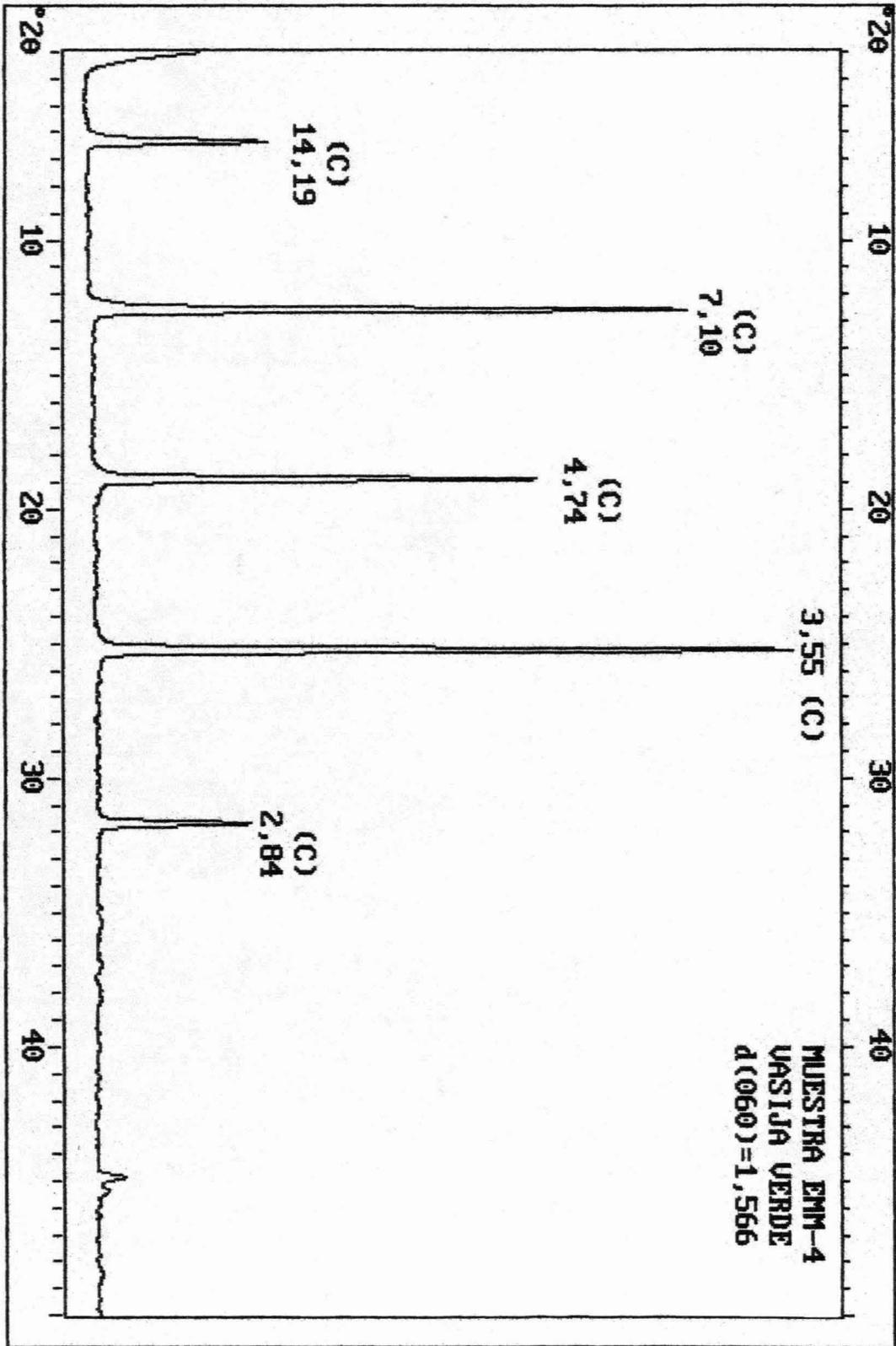


Fig. 9: Diagrama de rayos X (Cu.Ka) representativo de las vasijas verdes (AM32). Muestra las reflexiones de una clorita trioctaédrica de excelente cristalinidad.