

SEDIMENTACION LACUSTRE (CARBONATADO-SALINA) EN LAS FACIES AUTUNIENSE DE LA CORDILLERA IBERICA

R. MARFIL, J. ARRIBAS, M^a.E. ARRIBAS y J.A. DE LA PEÑA

Departamento de Petrología. Universidad Complutense. 28040 - Madrid

ABSTRACT

The aim of this paper is the better understanding of the carbonate and evaporite sedimentation of the upper unit of the Autunian facies in the "Sierra de Aragoncillo".

Also the diagenetic evolution of these sediments in their reactions with the interbedded rhyolitic-dacitic tuffs and ashes, have been studied.

The petrographic features of these carbonates are indicative of an early process of dolomitization in a hypersaline environment. The source of magnesium could be the surrounding volcanic rocks close to the lacustrine basin. Other common diagenetic minerals are: Zeolites, K-feldspar, quartz and clay minerals. The authigenesis of these minerals are reported to be the result of the reaction of tuffaceous rocks with interstitial waters trapped during sedimentation in a saline-alkaline lake.

Considering the above data, we can establish that the lacustrine sedimentation at the end of the Autunian took place in a closed basin with arid climate.

I.- INTRODUCCION

El Pérmico en facies Autuniense de la Sierra de Aragoncillo (NW de Molina de Aragón, Guadalajara) se apoya discordante sobre el Paleozoico inferior (Ordovícico-Silúrico) y comienza con una sedimentación continental fluvial (conglomerados, areniscas y lutitas) y gran influencia volcánica (aglomerados, tobas y cineritas), evolucionando hacia el techo progresivamente hacia ambientes lacustres (dolomías y lutitas, con intercalaciones volcánicas subordinadas). Datos previos pueden consultarse en: SACHER (1966), GABALDON y DE LA PEÑA (1973), RAMOS (1979) y CAPOTE et al (1982).

El conjunto de dichos depósitos fue denominado "Capas de la Ermita" por SACHER (1966), quien les atribuyó una edad no más antigua que el Estefaniense C ni más moderna que el Rodliegendes. Posteriormente RAMOS et al (1976) les asignan una edad Autuniense, basándose en las asociaciones palinológicas encontradas.

Discordante sobre dichos materiales se desarrolla una unidad constituida por lutitas rojas con intercalaciones de conglomerados y areniscas fundamentalmente en la base. Esta unidad fue denominada por SACHER (1966) "Capas

de Montesoro" en la Sierra de Aragoncillo, y por MARFIL y PEREZ GONZALEZ (1973) "Lutitas de El Bosque" en la zona de Maranchón y Bosque de Ciruelos, a las que atribuyen una edad Pérmico inferior alto o incluso Pérmico superior. En cualquier caso, son facies similares a lo que en el resto de Europa occidental se conoce como "Saxoniense".

II.- METODOLOGIA Y OBJETIVOS

A partir de una columna levantada en el camino de Rillo de Gallo a Pardos y de tres sondeos de testificación continua realizados en la zona por la J.E.N. y E.N.U.S.A. (Fig. 1A) hemos establecido la siguiente columna síntesis para las facies Autuniense (Fig. 1B).

- a).- Tramo inferior: 113 m. de conglomerados y brechas volcánicas con intercalaciones subordinadas de tobas y cineritas. La base, integrada por 15 m de conglomerados y brechas polimícticos, denota procedencia de áreas fuentes metamórficas (metapizarras y metacuarcitas).
- b).- Tramo medio: 55 m de lutitas carbonosas y bituminosas con intercalaciones de cineritas y tobas. En la base del tramo son frecuentes secuencias "fining-upwards" constituidas por conglomerados polimícticos, areniscas y lutitas volcanoclásticas erosionales. Hacia el techo hay delgados y esporádicos niveles dolomíticos.
- c).- Tramo superior: 95 m de dolomicritas silicificadas con intercalaciones de margas y lutitas carbonosas. Estas últimas son dominantes en la base, donde también son frecuentes intercalaciones de origen volcánico (tobas y cineritas).

En publicaciones previas (RAMOS, 1979 y CAPOTE et al., 1982) el tramo medio ha sido interpretado como depositado en medio lacustre bajo clima húmedo y con respecto al tramo superior se menciona una variación, dentro del mismo medio, hacia condiciones de menor humedad. En este trabajo, nos proponemos contribuir a la caracterización del medio de sedimentación del tramo superior en comparación con el tramo medio, a partir sobre todo del estudio de los procesos diagenéticos tempranos íntimamente vinculados con sus respectivos medios de sedimentación. Los datos utilizados proceden de observaciones de campo y de técnicas de laboratorio (petrografía microscópica, difracción de Rayos-X y microscopía electrónica de barrido).

III.- PETROLOGIA DEL TRAMO SUPERIOR

III.1.- Carbonatos

Los niveles carbonáticos son dolomicritas con alto contenido en Fe^{++} , variado grado de recristalización y frecuentes procesos de silicificación. Los componentes deposicionales que han podido ser identificados son: fósiles (algas caráceas, ostrácodos y restos vegetales escasos y oxidados), "pellets" e intraclastos. Otros componentes muy frecuentes y abundantes son las evaporitas que en la mayoría de los casos se presentan como pseudomorfos y, en ocasiones, se deducen por la presencia de porosidad móllica. Dichos pseudomorfos tienen una mineralogía variada: Dolomita, cuarzo y piritita (Fig. 2.1), y se presentan como antiguos cristales más o menos aislados con morfologías lenticular, prismática y cúbica, y en nódulos. Estas evaporitas, por los caracteres morfológicos citados, debieron corresponder a primitivos yesos, anhidrita y halita.

Asimismo, se pueden observar estructuras eodiagenéticas tales como "burrows" rellenos por terrígenos y huellas debidas a posibles raíces, que en conjunto nos proporcionan más información sobre la actividad orgánica existente. Por otra parte, la presencia de huellas de retracción indica etapas de exposición subaérea.

La dolomitización general que afecta a estos carbonatos debió ser muy temprana (penecontemporánea-eodiagenética), vinculada a un medio hipersalino, dadas las características texturales de dichas dolomías (dolomicritas) y la conservación de los escasos restos orgánicos que en estas condiciones hidroquímicas debían desarrollarse. La alta relación OMg/OCa necesaria para la formación de este tipo de dolomías (FOLK & LAND, 1975) es totalmente justificable en nuestro caso por los valores existentes de dicha relación en las áreas volcánicas drenadas (5.6 de media, en NAVIDAD, 1983).

III.2.- Materiales volcanoclásticos asociados

Intercalados con los niveles dolomíticos del tramo superior existen productos volcánicos, tanto piroclásticos de grano fino y medio (cineritas y tobas) como volcanoclásticos erosionales, lo que denota, en el primer caso, la continuación de un vulcanismo activo y sincrónico con las últimas etapas de la sedimentación de las facies Autuniense y, en el segundo caso, la erosión y retrabajamiento de aquellos productos piroclásticos y su mezcla con fragmentos de rocas metamórficas procedentes de áreas fuentes circundantes del Paleozoico inferior (Ordovícico-Silúrico).

Los depósitos piroclásticos son de tipo fragmentario y claro carácter explosivo, con composición dacítico-riolítica. Por sus caracteres texturales deben de ser depósitos de tipo "ash-flow" o emisiones de nube ardiente (MUÑOZ et al., 1984). En el contacto entre estos materiales y los carbonatos son frecuentes las ceolitas y feldespatos neoformados, llegando a concentrarse en niveles centimétricos (Figs 2.3; 2.4; 3.1; 3.2; 3.3 y 3.4).

A partir de testigos de sondeo han podido identificarse, mediante petrografía microscópica, difracción de Rayos-X y M.E.B. los siguientes tipos de ceolitas, tomando como referencia especial para su morfología los trabajos de MUMPTON and ORMSBY (1978) y de SURDAM and SHEPPARD (1978):

- a).- Esferulitos de filipsita y mordenita (Fig. 3.3)
- b).- Haces de agujas y prismas alargados de erionita
- c).- Prismas rómicos de clinoptilolita (Fig. 2.3 y 2.4)
- d).- Trapezoedros de analcima, de hasta varios milímetros de tamaño (Figs. 3.1 y 3.2).

La laumontita ha sido detectada exclusivamente a rayos-X, aunque probablemente se encuentre pseudomorfizando a la mordenita según el esquema de transformaciones de IJIMA (1978).

La analcima es la ceolita dominante en las muestras, acompañada en menor proporción por mordenita y filipsita. Esta última se asocia claramente a tobas y areniscas volcanoclásticas muy silicificadas, estando en ocasiones transformadas en cuarzo. La mordenita, y en menor proporción la clinoptilolita, son frecuentes en el contacto entre sedimentos carbonáticos y vidrios. La erionita ha sido identificada a rayos-X en escasas ocasiones, tal vez debido a su poca preservación.

En el cuadro I, junto con la asociación de ceolitas identificadas, se muestran las características composicionales de los materiales que las contienen.

III.3.- Pruebas de la existencia de aguas alcalino-salinas en los lagos del tramo superior.

La evidencia de un ambiente alcalino-salino al final de las facies Autuniense se denota por la existencia de evaporitas (yeso-anhidrita y halita) asociadas a carbonatos y procesos de silicificación tempranos, en relación

con una sedimentación lacustre que, incluso en algunos momentos de su historia pasaría por etapas de "playa-lake". A dicha situación se llegaría como consecuencia de la colmatación de la cuenca intermontana en etapas anteriores (tramos inferior y medio) y de una evolución climática hacia mayor aridez. Asimismo, el carácter hipersalino del medio queda reflejado en los procesos de dolomitización comentados.

La formación de ceolitas a partir de productos piroclásticos en cuencas hidrológicas cerradas, con alta alcalinidad y salinidad, es un hecho descrito frecuentemente en la bibliografía (DEFFEYES, 1959; HAY, 1966; SHEPPARD and GUDE, 1968; SHEPPARD, 1973; KOSSOVSKAYA, 1975; MUMPTON, 1973; SURDAM and SHEPPARD, 1978), habiéndose comprobado en los trabajos experimentales que la formación de ceolitas y feldespatos se ve favorecida con relación a la de los filosilicatos por una relación alta de las actividades de los álcalis sobre el ión hidrógeno.

De acuerdo con los autores anteriormente citados, la disolución de los vidrios riolíticos y dacíticos por aguas connatas de naturaleza alcalina y salina daría lugar a la formación de ceolitas y su posterior transformación en feldespato potásico. Por ello, la presencia de abundantes ceolitas en los materiales estudiados, confirma el carácter salino-alcalino del medio de sedimentación, de acuerdo con las ideas de HAY (1964 y 1978). La zonación descrita por algunos autores para dichas ceolitas en lagos alcalino-salinos (SHEPPARD and GUDE, 1968 y 1973; y SURDAM and SHEPPARD, 1978) no hemos podido confirmarla al desconocer con precisión la morfología original de la cuenca lacustre y por tanto la posición en la misma de los sondeos utilizados. No obstante se han encontrado relaciones entre las facies de vidrios volcánicos y la filipsita; entre los niveles ricos en carbonatos (calcita-dolomita) y mordenita-clinoptilolita-erionita; y también entre los niveles más dolomíticos, e incluso magnesíticos, con analcima y feldespato potásico (Fig. 3.4). Asimismo en las muestras del sondeo 40-S-80 (Fig. 1A) es donde se ha observado la completa transformación de las ceolitas a feldespato potásico, hecho que podría indicar que en dicha zona existiría un ambiente de máxima salinidad, según el esquema de zonación propuesto por SURDAM and SHEPPARD (1978). En cualquier caso conviene tener en cuenta el grado de diagénesis de enterramiento alcanzado por estos sedimentos, lo que ha provocado la inestabilidad de algunas de las ceolitas originales, que se encuentran actualmente carbonatadas, silicificadas o transformadas en minerales de arcilla, esmectitas, cloritas e interestratificados, feldespato potásico o laumontita, indicadora esta última de cierta elevación de presión y temperatura.

IV.- CARACTERISTICAS DIFERENCIALES DEL TRAMO MEDIO.

Aunque la composición general de este tramo ha quedado reflejada en la Fig. 1B, podemos hacer algunas precisiones referentes al significado de los datos obtenidos en los niveles piroclásticos y/o volcanoclásticos erosionales, donde dominan las grauvacas tobáceas y tobas. En ellas la pasta es una mezcla de chert (calcedonia y microcuarzo), caolinita, ilita e interestratificados I-E. Casi toda esta matriz es de origen diagenético, procedente de la alteración de vidrios y fragmentos de roca volcánica, los cuales, al ponerse en contacto con aguas de pH neutro o ligeramente ácidas se han transformado fundamentalmente en chert más caolinita. Otra fuente de la matriz diagenética es la alteración de las plagioclasas a esmectitas (epimatriz), las cuales, en un proceso diagenético más avanzado, se van transformando en interestratificados I-E e ilita. Además, la deformación y rotura de cenizas y fragmentos de rocas metamórficas origina pseudomatriz.

En los niveles de lutitas y/o cineritas aparecen, asociados a materia orgánica y abundantes piritas autigénicas, minerales de uranio tipo uraninita o cofinita con morfología fibroso radial. La materia orgánica suele estar

formada por restos vegetales más o menos reconocibles y en ocasiones los macroporos están ocupados por hidrocarburos, los cuales se han encontrado también concentrados a favor de superficies estilolíticas. Por otra parte, el cemento es de dolomita ferrosa e incluso de ankerita con valores muy diversos (entre 4 y 35%). Estos carbonatos no solo cementan sino que reemplazan a gran parte de las plagioclasas y fragmentos de rocas volcánicas. Asociada a estos cementos-reemplazamientos existen pequeñas cantidades de baritina (1-5%). Asimismo es frecuente la presencia de cantos blandos dolomitizados.

Este tramo intermedio podría corresponder a la sedimentación en una llanura arcillosa lacustre-pantanososa con abundante materia orgánica carbonosa, siendo frecuentes los niveles de tonstein con caolinitas dominantes o bentonitas caoliníticas (FISHER and SCHMINCKE, 1984) y restos evidentes de cenizas y vidrios volcánicos. La presencia de abundante anatasa autigénica denota el origen silíceo fundamental de los vidrios (PRICE and DUFF, 1969 y SPEARS and KANARIS-SOTIRIOU, 1979). La abundancia de restos vegetales indica la existencia de un clima húmedo apto para el desarrollo de importantes reacciones químicas. Como consecuencia de ellas tenemos una gran variedad de minerales de arcilla (ilita, clorita, caolinita, e interestratificados I-E).

V.- CONCLUSIONES

Con los datos aportados se puede constatar que la sedimentación lacustre al final de las facies Autuniense (tramo superior) se llevó a cabo bajo condiciones de cierto confinamiento y aridez. Esto se tradujo en una sedimentación carbonatado-evaporítica y en el desarrollo de importantes procesos de alteración de los productos piroclásticos asociados por interacción de los mismos con dicho medio de sedimentación.

En el cuadro I se han establecido las diferencias más notorias entre las características de la sedimentación lacustre del tramo superior y las del medio (árida y húmeda, respectivamente), a fin de contribuir al conocimiento de los cambios climáticos acaecidos durante la sedimentación del Pérmico en la Cordillera

Asimismo, en el cuadro II se han resumido las principales reacciones diagenéticas tempranas que tuvieron lugar entre los vidrios de composición riolítico-dacítica y las salmueras de los lagos alcalino-salinas del tramo superior. En dicho cuadro y en el sentido de la flecha se ordenan los distintos productos resultantes, observándose que existen dos grupos de ceolitas: uno relacionado con etapas eodiagenéticas (filipsita, mordenita, erionita, clinoptilolita y algo de analcima), y otro, resultado de transformaciones mesodiagenéticas (analcima y laumontita). La preservación de algunas de las ceolitas formadas en las primeras etapas diagenéticas puede ser debida a encontrarse en niveles muy "sellados" por depósitos lutíticos infra y suprayacentes, lo que impediría la posterior interacción entre estos minerales y los fluidos migrantes, sobre todo en la telodiagénesis.

La asociación de minerales diagenéticos (incluyendo cuarzo, feldespato potásico, minerales de arcilla y ceolitas), de acuerdo con los datos de IJIMA (1978), refleja temperaturas alcanzadas durante la diagénesis del orden de 120°C y profundidades de enterramiento que oscilan entre 2.500 y 4.500 m. Estos valores concuerdan con los calculados por MARFIL et al (1981) para los mismos depósitos a partir de la reflectividad de la vitrinita.

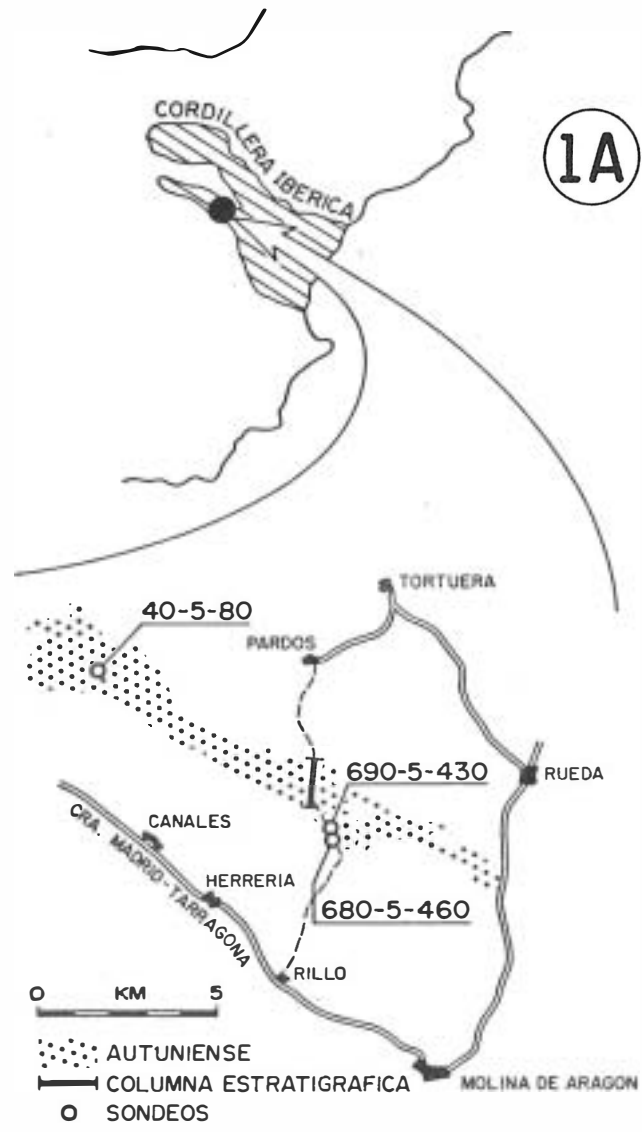
AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la J.E.N. y a E.N.U.S.A. por la cesión de los sondeos estudiados, así como al Dr. Jesús SORIANO (Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, M.O.P.U., Madrid) y a Doña María Estrella TORTOSA (E.T.S.I.A., Madrid) por el tiempo que nos dedicaron para el estudio de las muestras al M.E.B.

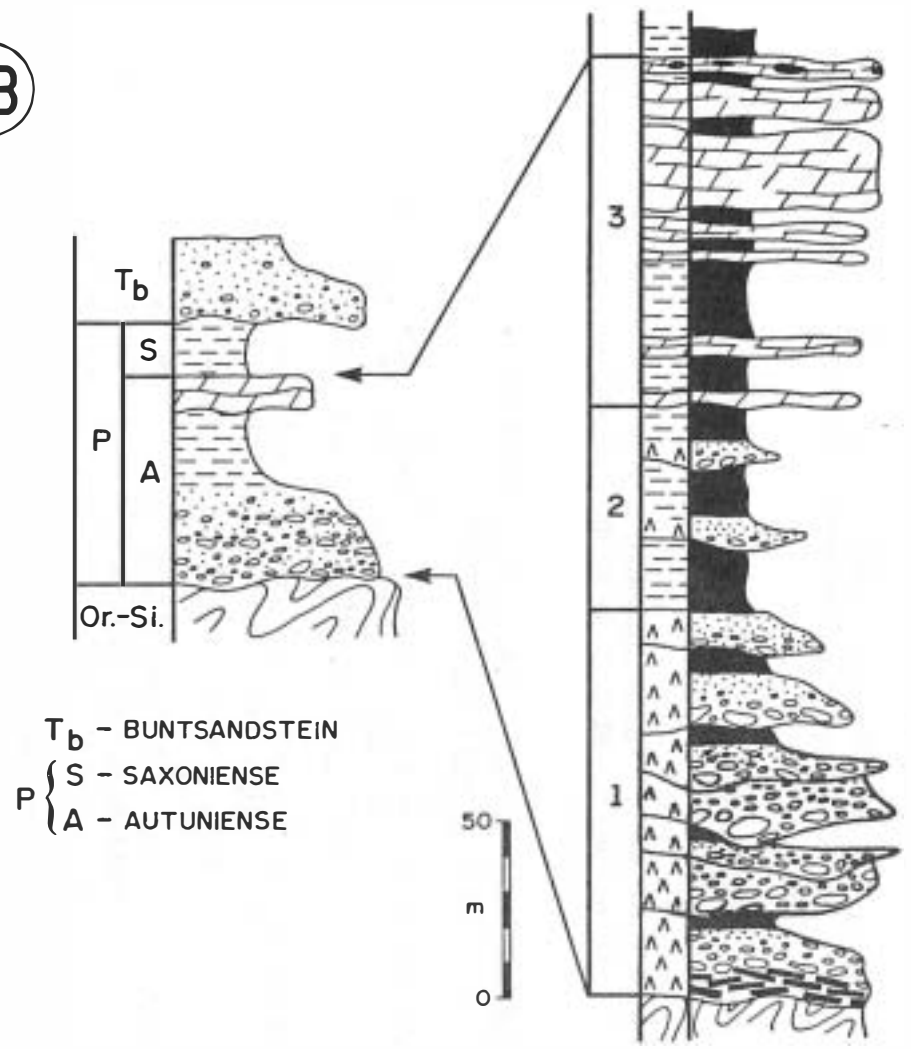
VI.- BIBLIOGRAFIA

- CAPOTE, R.; DIAZ, M.; GABALDON, V.; GOMEZ, J.J.; SANCHEZ DE LA TORRE, L.; RUIZ, P.; ROSELL, J.; SOPEÑA, A. y YEBENES, A. (1982). "Evolución sedimentológica y tectónica del ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica". Temas Geológicas y Mineros, V, IGME, 290 pp
- DEFREYES, K.S. (1959). "Zeolites in sedimentary rocks". Jour. Sed. Petrology 29: 602-609
- FISHER, R.V. & SCHMINCKE, H.H. (1984). "Pyroclastic rocks". Springer Verlag Berlin; 472 pp
- GABALDON, V. y PEÑA, J.A. de la (1973). "Estudio petrológico del Carbonífero Pérmico (?) y Triásico inferior del NW de Molina de Aragón (Guadalajara)". Estudios Geológicos, 29; 63-76
- HAY, R.L. (1964). "Phillipsite of saline lakes and soils". Amer. Mineral, 49: 1366-1387
- HAY, R.L. (1966). "Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks". Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 85: 130 pp.
- HAY, L.R. (1978). "Geologic occurrence of zeolites". En: SAND, L.B. & MUMPTON F.A. Editeur. Natural Zeolites (Occurrence, Properties, Use). Pergamon Press, Paris: 135-143
- IJIMA, A. (1978). "Geological occurrences of Zeolite in marine environments". SAND, L.B. and MUMPTON, F.A. Editeurs Natural Zeolites (Occurrence, properties, Uses). Pergamon Press, Paris: 175-220.
- KOSSOVSKAYA, A.G. (1975). "Genetic types of zeolites in stratified rocks: Lithology Mineral Res. 10. Mar/Agn 1975.
- MARFIL, R.; DE LA PEÑA, J.A. y SORIANO, J. (1981). "Aplicación de la microscopia electrónica de barrido al estudio de los procesos diagenéticos de rocas volcanoclásticas". Rev. Inst. Invest. Geol. Diputación Provincial Univ. Barcelona, 34: 75-88
- MARFIL, R. y PEREZ-GONZALEZ, A. (1973). "Estudio de las series rojas pérmicas en el sector Nor-Occidental de la Cordillera Ibérica (Región de El Bosque, Alto Tajuña)". Estudios Geológicos, 29: 83-98.
- MUMPTON, F.A. (1973). "Scanning electron microscopy and the origin of Sedimentary zeolites: Molecular sieves". Proc. 3rd Int. Molecular Sieve Conf: 159-161
- MUÑOZ, M.; ANCOCHEA, E.; SAGREDO, J.; de la PEÑA, J.A.; HERNAN, F.; BRANDLE, J.L. y MARFIL, R. "El vulcanismo permo-Carbonífero de la Cordillera Ibérica". Publicaciones del X Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero. Madrid. (en prensa).

- NAVIDAD, M. (1983). "Vulcanismo permo-Carbonífero en la Cordillera Ibérica" Fundación Juan March. Serie Universitaria, 202; 63 pp.
- PRICE, N.R. and DUFF, P.M.D. (1969). "Mineralogy and chemistry of tonsteins from Carboniferous Sequences in Great Britain". Sedimentology, 13: 45-69.
- RAMOS, A.; DOUBINGER, J. y VIRGILI, C. (1976). "El Pérmico inferior de Rillo de Gallo (Guadalajara)". Acta Geol. Hispánica, 11 (3): 65-70.
- SACHER, L. (1966). "Stratigraphie und Tektonick der Nor westlichen Hesperischen Ketten bei Molina de Aragon (Spanien)". N.Jb.Geol.Palaont., 124, 151-167
- SHEPPARD, R.A. (1973). "Zeolites in Sedimentary rocks": U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 830: 689-695.
- SHEPPARD, R.A. & GUDE, A.J. (1968). "Distribution and genesis of authigenic silicate minerals in tuffs of Pleistocene Lake Tecopa, Jnyo County, California". U.S.Geol.Survey Prof. Paper, 597: 38 pp
- SHEPPARD, R.A. and GUDE, A.J. (1973). "Zeolites and associated authigenic silicate minerals in tuffaceous rocks of the Big Sandy Formation, Mohave County, Arizona". U.S.Geol. Survey Prof.Paper, 830: 1-36.
- SPEARS, D.A. and KANARIS-SOTIRIOU (1979). "A geochemical and mineralogical investigation of some British and other European tonsteins". Sedimentology, 26: 407-425.
- SURDAM, R.C. y SHEPPARD, R.A. (1978). "Zeolites in saline, alkaline-lake deposits". En: SAND, L.B. y MUMPTON, F.A. editores). Natural Zeolites (Occurrence Properties, Use) Pergamon Press, Paris: 145-174.



1B



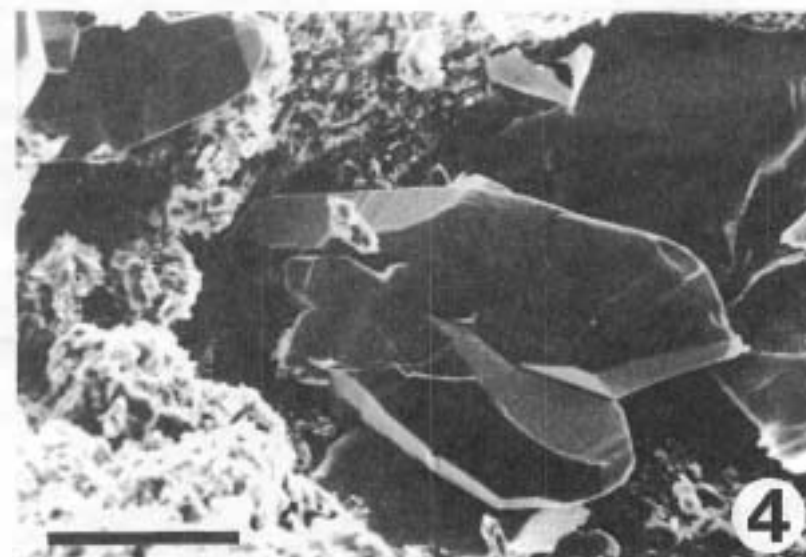
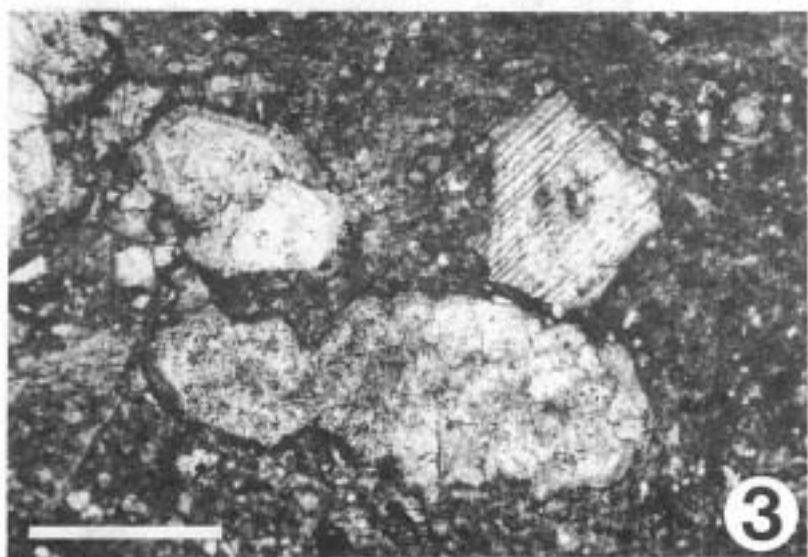
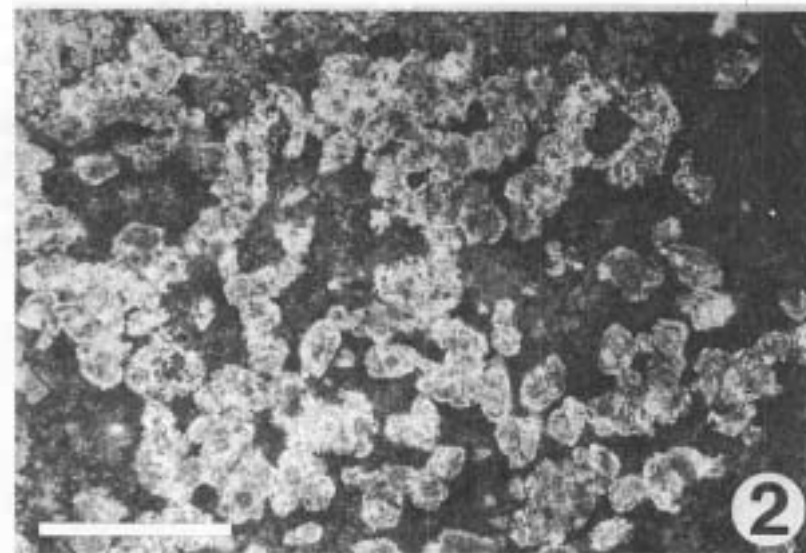


Fig. 2.- 1) Dolomicrita con pseudomorfos de yeso en dolomita, NP, escala = 0.5 mm. 2) Cuarzos autigénicos con inclusiones de evaporitas, NP, escala = 0.5 mm. 3) Cristales de clinoptilolita, NP, escala = 0.5 mm. 4) Cristales de clinoptilolita al M.E.B., escala = 35 micras.

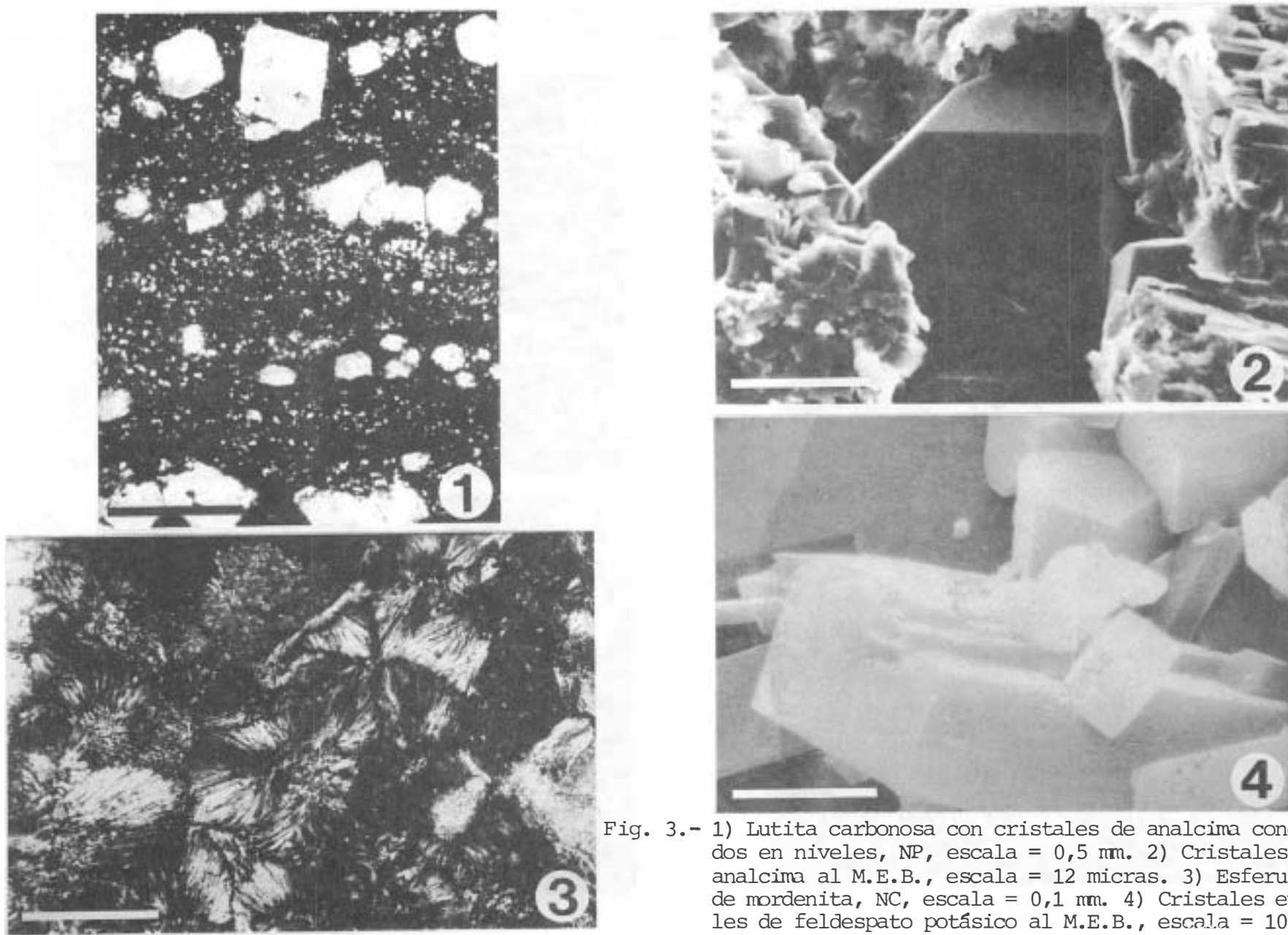
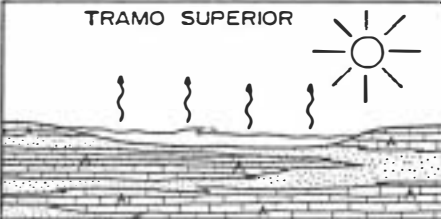

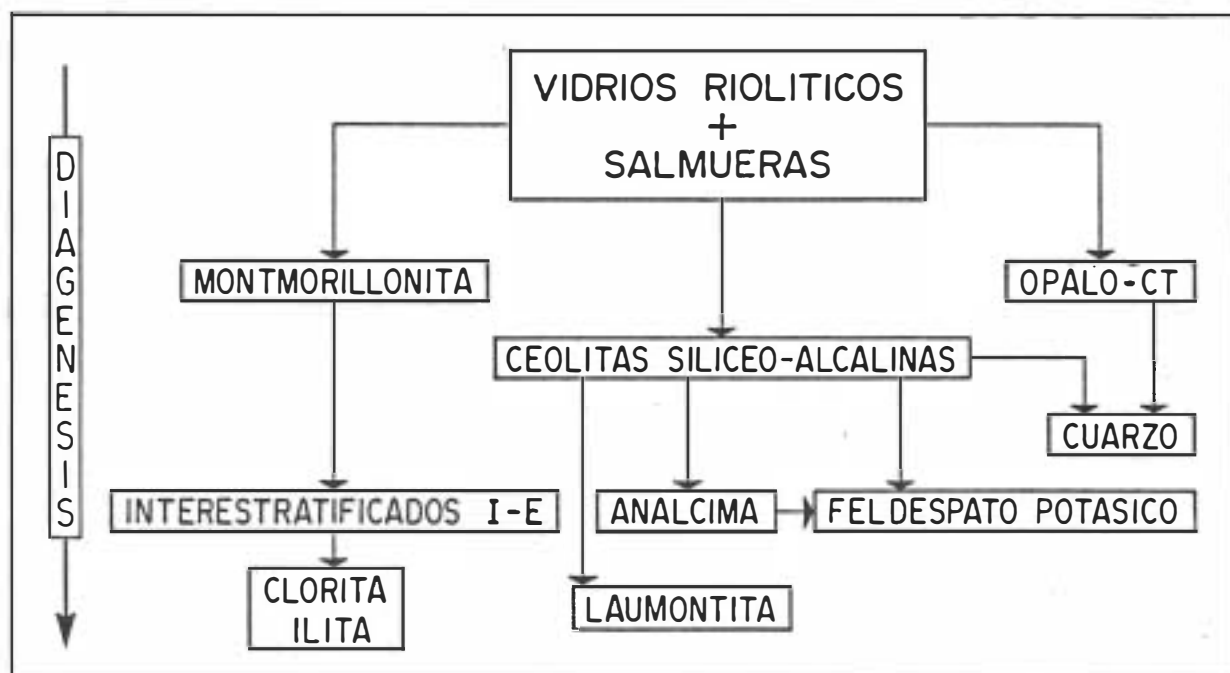


Fig. 3.- 1) Lutita carbonosa con cristales de analcima concentrados en niveles, NP, escala = 0,5 mm. 2) Cristales de analcima al M.E.B., escala = 12 micras. 3) Esferulitos de mordenita, NC, escala = 0,1 mm. 4) Cristales euhedrales de feldespato potásico al M.E.B., escala = 10 micras.

CUADRO I

	TRAMO SUPERIOR 	TRAMO MEDIO 
MATERIA ORGANICA	INDICIOS (CARBONOSA)	ABUNDANTE (CARBONOSA Y BITUMINOSA)
RESTOS VEGETALES	ESCASOS Y OXIDADOS	ABUNDANTES Y BIEN CONSERVADOS
CARBONATOS	ABUNDANTES (DOLOMITA, ANKERITA Y MAGNESITA)	ESCASOS (DOLOMITA, ANKERITA Y SIDERITA)
EVAPORITAS	ABUNDANTES (YESO, ANHIDRITA Y HALITA)	ESCASAS (YESO)
CEOLITAS	ABUNDANTES (ANALCIMA, CLINOPTILOLITA, FILIPSITA, MORDENITA, ERIONITA Y LAUMONTITA)	ESCASAS (LAUMONTITA Y ANALCIMA)
MINERALES DE ARCILLA	MONTMORILLONITA, INTERESTRATIFICADOS I-E Y CLORITA	CLORITA, CAOLINITA, ILITA E INTERESTRATIFICADOS I-E
PIRITAS	FRECIENTES ($SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-}$)	FRECIENTES (NO VINCULADAS A SO_4^{2-})
OTROS MINERALES AUTIGENICOS	CUARZO Y FELDESPATO K	CUARZO, ANATASA, APATITO Y COFINITA



CUADRO II