

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y PALEOGEOGRAFÍA EN EL MIOCENO DEL SECTOR SACRAMENIA (SEGOVIA)- PEÑAFIEL (VALLADOLID)*

I. ARMENTEROS**, B. FERNÁNDEZ MACARRO***,
C. RECIO***, J. A. BLANCO***

RESUMEN.— Este trabajo significa un aporte a los estudios sedimentológicos sobre las facies miocenas en la región suroriental de la Depresión del Duero (zona de Sacramenia-Peñafiel, Fig. 1).

En él se ha llevado a cabo un análisis de las arcillas en tres perfiles elegidos a lo largo de una línea situada entre las facies marginales adyacentes al zócalo meridional de Honrubia y las facies centrales de la Depresión situadas al N. (Peñafiel) (Fig. 2). La interpretación de estos análisis revela un cambio de las condiciones paleogeográficas a través del corte. Se aprecia así en la zona septentrional un predominio de las arcillas heredadas (Illita-Caolinita-Clorita-Esmectitas), con aparición localizada de paligorskita ligada al desarrollo de encostramientos carbonatados y de yeso intersticial (Fig. 3). En la zona más próxima, predomina una asociación de arcillas dominada por sepiolita (Fig. 3), a la que acompaña un cortejo mineralógico muy característico: sílex (ópalo CT), dolomita, yeso y celestina.

El conjunto mineralógico y las restantes características sedimentológicas de los depósitos de la primera zona (perfil de Bocos de Duero) señalan un sistema fluvial sinuoso distal procedente del este con marcados estadios de sequía. Los sedimentos lutítico-margosos del área más próxima al zócalo de Honrubia se caracterizan por la presencia de un medio lacustre confinado que resulta expansivo sobre el sistema fluvial situado al norte.

Se reconoce un desarrollo paleogeográfico donde la sedimentación ocurre en subcuencas que pueden tener autonomía durante determinados estadios de su evolución (Fig. 8).

* Trabajo financiado por el Proyecto «Bioestratigrafía del Terciario de la Cuenca del Duero», n.º 1785/82 de la C.A.I.C.Y.T.

** Dpto. de Estratigrafía. Univ. de Salamanca.

*** Dpto. de Geomorfología y Geotectónica. Univ. de Salamanca.

SUMMARY.— The present work is a contribution to sedimentological studies on the Miocene facies of the southeastern region on the Duero Basin (Sacramenia-Peñañiel zone, Fig. 1).

In this area analyses were made of the clays in three profiles chosen along a study line situated between the marginal facies adjacent to the southern basement on Honrubia and the central facies of the Basin situated towards the N (Peñañiel) (Fig. 2). The interpretation of these analyses reveals a change in the paleogeographic conditions along the section. In this sense, in the northern zone it is possible to note a predominance of inherited clays (illite, kaolinite-chlorite, smectites), with the localized appearance of paligorskite linked to the development of carbonated crusts and interstitial gypsum (Fig. 3). In the closest zone, an association of clays with sepiolite as the major component predominates (Fig. 3); this is accompanied by a highly characteristic mineral grouping: silex (CT opal), dolomite, gypsum and celestine.

The mineralogical set and the remaining sedimentological characteristics of the beds of the first zone (Bocos de Duero profile) point to a distal sinuous fluvial system originating in the East, with marked periods of drought. The lutitic-marly sediments of the area closest to the Honrubia border are characterized by the presence of a confined lacustrine environment which proves to be expansive over the fluvial system situated to the North.

Finally, the results point to the existence of a paleogeographic development where sedimentation took place in subbasins which could have had autonomy during certain stages of their evolution.

Palabras clave: arcillas magnesianas, arcillas detríticas, celestina, ópalo, dolomita, Mioceno continental, Depresión del Duero.

Key words: magnesian clays, detrital clays, celestine, opal, dolomite, continental Miocene, Duero Basin.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda el problema de la génesis de arcillas dentro de las facies lutítico-arenosas y lutítico-carbonatadas que forman parte de la Unidad Inferior (Litofacies Detrítica de Aranda de Duero) y de la Unidad Media (Formaciones de Peñañiel y Cuevas de Provanco) de ARMENTEROS (1985), y se intenta aportar nuevos datos para la interpretación ambiental de la compleja asociación de minerales arcillosos, sílice autigénica (ópalo y calcedonia), carbonatos (calcita y dolomita) y sulfatos (yeso y celestina).

La primera referencia al problema se debe a GARCÍA DEL CURA y LÓPEZ AGUAYO (1974), que nos hacen una valoración de los diferentes tipos de arcillas dentro de una amplia zona del sector suroriental de la Depresión del Duero, y aprecian la ausencia de caolinita en los depósitos carbonáticos y la abundancia de illita en las rocas detríticas, estando la montmorillonita y caolinita en proporciones similares.

ORDÓÑEZ et al. (1980), por su parte, describen la asociación dolomita-yeso y establecen su relación con sepiolita. Atribuyen la presencia de celestina a la lixiviación de estroncio de rocas mesozoicas. En torno a las facies evaporíticas centrales, situadas al NO, se coloca un cinturón dolomítico.

MARTÍN POZAS et al. (1983) refieren la existencia de sepiolita y paligorskita asociada fundamentalmente a carbonatos magnésicos, lo que relacionan con estadios endorreicos en la cuenca sedimentaria.

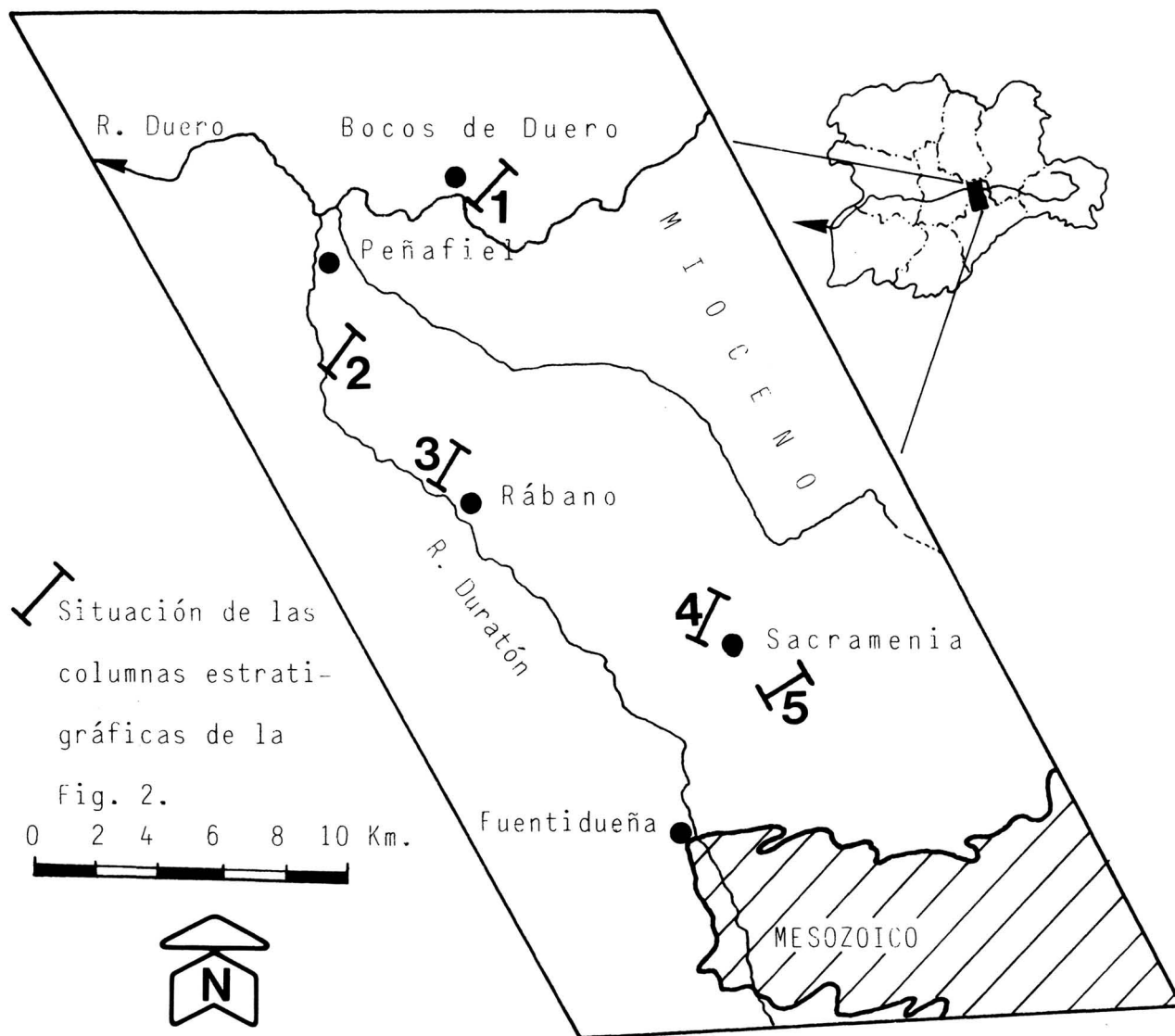
ARMENTEROS (1985) delimita una orla próxima al zócalo preneógeno de Honrubia-Pradales, donde se aprecia una característica asociación de dolomita, yeso intersticial, sílice autigénica y arcillas fibrosas. Relaciona este conjunto con un asentamiento paleogeográfico concreto en una zona de marcado cambio de facies.

SITUACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA (Fig. 1)

Se encuentra enclavada en los depósitos miocenos dispuestos enfrente del margen suroccidental del zócalo paleo-mesozoico de Honrubia-Pradales, situándose en torno al límite de las provincias de Segovia y Valladolid.

Los sedimentos miocenos del corte estudiado (Fig. 2) muestran la siguiente distribución de litofacies: en la zona inferior del sector NO, se halla la Litofacies Detrítica de Aranda de Duero; a techo, y en el mismo sector, se dispone la Formación Carbonatado-Yesífera de Peñafiel; en el sector suroriental —más próximo al zócalo— ésta pasa gradualmente a la Formación Lutítico-Carbonatada de Cuevas de Provanco; dentro de este último, y a techo de la columna estratigráfica, se sitúa un nivel calizo terminal (Litofacies Calizas de Moradillo de Roa).

Los depósitos detríticos de la Litofacies de Aranda se relacionan con un sistema fluvial distal de carácter sinuoso y carga mixta que drena la región de este a oeste. Los depósitos de la Formación de Peñafiel corresponden a una paleogeografía muy somera con precipitación de CO_3Ca . A ésta se asocia un conjunto de extensas áreas llanas circundantes, donde, a causa de la climatología de carácter semiárido imperante en la cuenca, se desarrollan procesos post-sedimentarios que conducen al desarrollo de yeso y dolomía. La Formación de Cuevas de Provanco manifiesta una gran complejidad de facies: carbonatos (dolomías y calizas), lutitas, sílice autigénica y yeso. Su interpretación sedimentológica define un medio fluvio-lacustre marginal, donde las corrientes fluviales son de escasa entidad. Esta unidad pasa hacia el margen de cuenca a una estrecha faja de depósitos de abanicos aluviales secos, enraizados en el zócalo de Honrubia (Fig. 8) (ARMENTEROS, 1985).



Situación de las
columnas estrati-
gráficas de la
Fig. 2.

0 2 4 6 8 10 Km.



Figura 1. Situación del área estudiada.

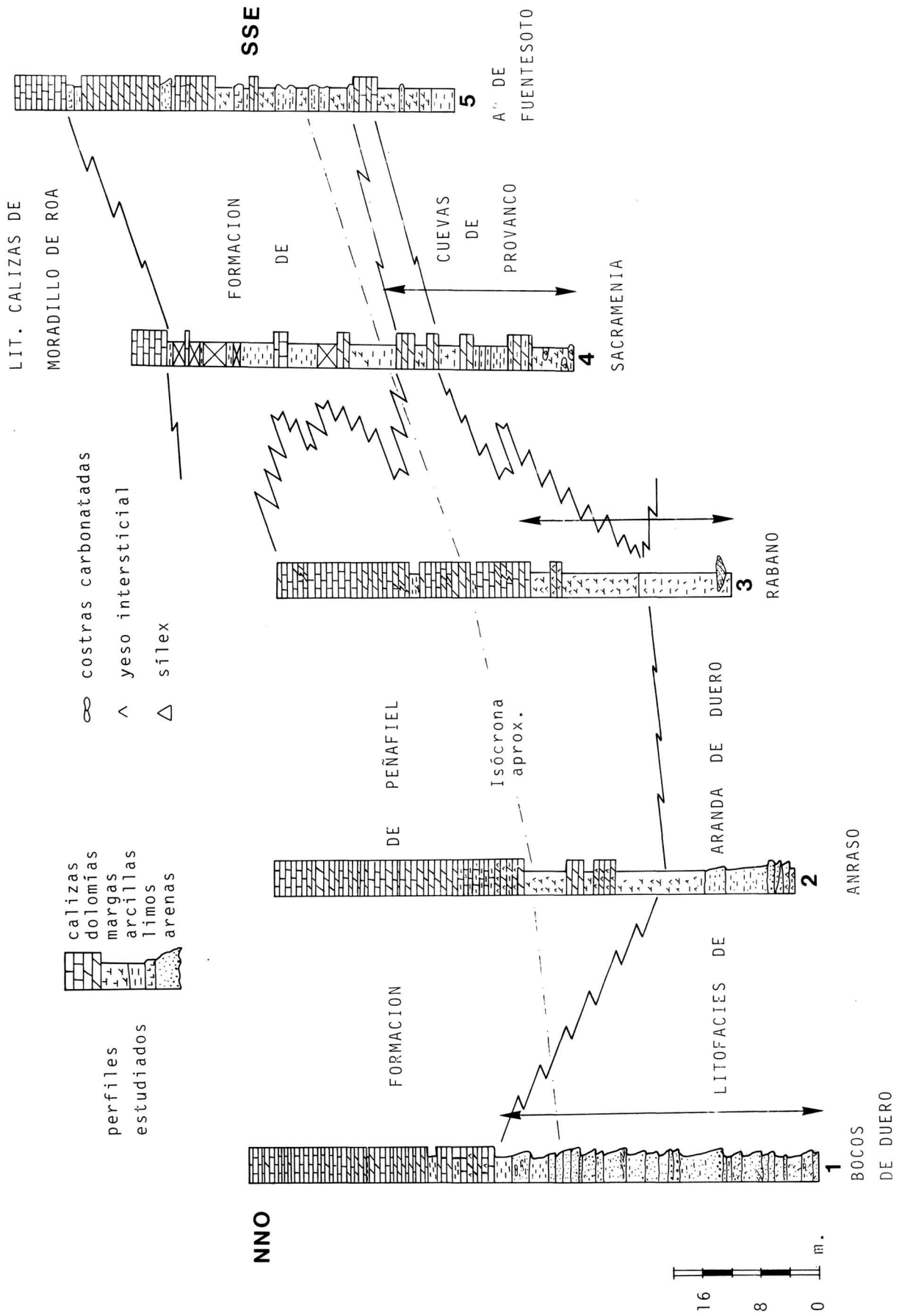


Figura 2. Correlación litoestratigráfica.

DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS PERFILES ESTUDIADOS

A) Perfil lutítico-arenoso fluvial (Bocos de Duero)

Se ha tomado como representativo el tramo detrítico de la columna estratigráfica de Bocos de Duero (Litofacies de Aranda de Duero) (Fig. 2).

A lo largo de la sucesión de secuencias granodecrecientes del perfil, distinguimos dos tipos de asociaciones de arcillas. El primer tipo está caracterizado por la asociación de illita y caolinita como minerales dominantes, cloritas y esmectitas en menor proporción y trazas de goethita (Fig. 3a). El conjunto illita-caolinita-clorita y una parte de las esmectitas se interpreta como aporte detrítico por su homogénea distribución y abundancia a lo largo de todo el perfil. El estudio de la asociación de arcillas característica de los niveles de fracción más gruesa (arenas gruesas y conglomeráticas), considerados como prototipo del aporte detrítico—sin transformaciones—, así parece confirmarlo. Las esmectitas restantes corresponden a neoformaciones a partir de la illita y de la clorita, como lo prueban las siguientes observaciones:

- 1) la generalizada alteración de biotitas observable al microscopio;
- 2) el comportamiento anómalo de la clorita en calentamiento a 490°C durante 4 horas (la reflexión a 7 Å desaparece casi por completo y la reflexión a 14 Å se desplaza a 13-13,5 Å y se abre), junto con la presencia de numerosos minerales interstratificados de tipo Clorita-Esmectita, Clorita alterada-Esmectita e Illita-Esmectita.

Una característica general de estos depósitos es la rubefacción que se manifiesta microscópicamente por una ligera tinción de color naranja alrededor de los granos, especialmente de las micas alteradas. Atribuimos esta rubefacción al mismo proceso de alteración de micas y cloritas antes descrito, de manera que por una parte se neoforman esmectitas y el hierro sobrante, en un medio estacionalmente oxidante (hidromorfo), precipita en forma de goethita.

El segundo tipo de asociación se caracteriza por la aparición de paligorskita y está ligado a la presencia de encostramientos carbonatados (Fig. 3b), así como a niveles con yeso intersticial, que muestra una sustitución parcial por calcita, adscrita a estadios diagenéticos tardíos (Fig. 4). Existe una proporción inversa entre la reflexión a 7 Å (Caolinita + Clorita), la reflexión a 15 Å (Esmectitas) y la reflexión correspondiente a la paligorskita, lo cual indica que la paligorskita se elabora tanto a partir de caolinita y cloritas como de esmectitas. Cabe resaltar, por último, que la cantidad de paligorskita es tanto mayor cuanto menor es la granulometría del depósito, aunque también depende del grado de encostramiento.

En la transición del tramo detrítico al carbonatado hay un importante desarrollo de esmectitas y minerales interestratificados que se relaciona, de alguna manera, con la sustitución del medio fluvial por el lacustre representado en el tramo calizo-dolomítico suprayacente (Fig. 3c).

En conjunto, el tramo detrítico fluvial de Bocos de Duero muestra una serie de secuencias granodecrecientes que abarcan las acreciones sucesivas de canal activo y abandonado. Esta sedimentación fluvial comporta dos tipos de asociaciones arcillosas: a) aquel en que existe un predominio de las arcillas heredadas (illita-caolinita-clorita-algunas esmectitas) con neoformaciones de esmectitas y goethita (rubefacción); y b) el que muestra un desarrollo de paligorskita, en cuyo caso se relaciona con niveles de encostramientos carbonatados y niveles de yeso. Este segundo está sometido a procesos claramente alejados de la dinámica fluvial principal.

B) Perfil lutítico-carbonatado lacustre marginal (Sacramenia)

Está representado en la mitad inferior de la columna estratigráfica de Sacramenia (Unidad Media, Formación Cuevas de Provanco) (Fig. 2).

Las muestras estudiadas corresponden al inicio de la misma y son representativas de dicha mitad. Se caracteriza por una alternancia de niveles lutítico-margosos y carbonatados (estos dos últimos dolomíticos), con algunos lentejones de sílex (ópalo CT).

Tanto las margas como las dolomías presentan microfacies dolomicríticas con abundante bioturbación filiforme (asignable a raíces) y en formas cilíndrico-ahusadas (en ocasiones de tipo agrotúbulo). Se observa un desarrollo de dolomicroesparita en áreas irregulares. Resulta frecuente la presencia de pseudomorfos lenticulares de dolomita por yeso. La sílice autigénica, concentrada en nódulos, es generalmente de naturaleza opalina, pudiendo distinguirse dos variedades: a) variedad fibrosa (lussatita) que se dispone tapizando poros irregulares; y b) variedad homogénea que ocupa el centro de los poros y, otras veces, se halla sustituyendo al encajante dolomítico (Fig. 5). Existen normalmente en pequeña cantidad cristales tabulares euhédricos de celestina, lo que parece confirmado por los difractogramas de la fracción mayor de 20 micras. Su perfecto idiomorfismo indicaría una fase autigénica.

La microfacies de los horizontes más lutíticos manifiesta una separación plásmica de las arcillas respecto al sedimento original que se conserva en islotes sub-circulares, a su vez afectados por un agrietamiento circundante. Estas características nos llevan a ver la impronta de procesos edáficos en estadios emergentes del sedimento lacustre.

La mineralogía de la fracción menor de 2 micras difiere sensiblemente entre los niveles margosos y los niveles más lutíticos. Estos últimos se caracterizan por la asociación de esmectitas dominantes, sepiolita y trazas de illita y clorita (Fig. 3d). Los niveles margosos se caracterizan por la asociación de sepiolita dominante y esmectitas en cantidades variables. La illita, la caolinita y la clorita están prácticamente ausentes (Fig. 3e).

Conviene resaltar el comportamiento que la sepiolita presenta a lo largo de este perfil. La reflexión que presenta este mineral a 12,2 Å, en los difractogramas orientados, se mantiene, como es normal, en la misma posición al ser tratado el agregado orientado con glicol e hidracina; pero, mediante el calentamiento a 490°C durante 4 horas, esta reflexión, que debiera contraerse a 10 Å, permanece aproximadamente a 12 Å.

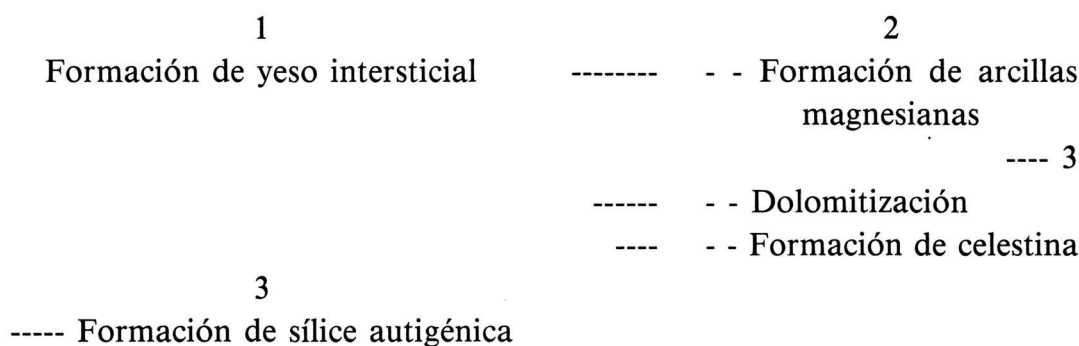
Los rasgos microtexturales y mineralógicos de este perfil están indicando una sedimentación lacustre somera con estadios de emersión (presencia de caracteres edáficos), donde las aguas estarían enriquecidas en Ca, Mg y Si, y existiría una alta relación Mg:Ca (probablemente superior a 2, lo que favorecería la formación de dolomita penecontemporánea; MULLER et al. 1972).

La abundancia de sepiolita, la correlativa escasez de arcillas detríticas heredadas, el absoluto predominio de la dolomita y la presencia de sílex y celestina están indicando la existencia de medios sedimentarios y post-sedimentarios de carácter evaporítico. Para TRAUTH (1977) este cortejo mineralógico refiere un medio evaporítico con alto grado de confinamiento, y la asociación arcillas magnesianas y dolomita le sirve para explicar el origen «precoz» de la última. La idea de que la dolomita es secundaria en este perfil se encuentra reforzada por la presencia de yeso lenticular intersticial, prácticamente sinsedimentario, así como por la de yeso masivo microgranular, de origen primario, en un potente nivel situado en las proximidades; la precipitación de yeso favorecería el aumento de la relación Mg:Ca en las aguas del medio, induciendo así la dolomitización.

El hecho de que los únicos vestigios de yeso se encuentren como pseudomorfos de dolomita y de que la celestina aparezca bien conservada parece sugerir una formación posterior a la del yeso. Es posible que el ión sulfato procedente de la disolución del yeso se hubiese utilizado para la formación de celestina. Un origen similar ha sido observado por ELORZA Y RODRÍGUEZ LÁZARO (1984). Se plantea entonces la cuestión de la disponibilidad del estroncio. Si bien es conocido que puede provenir de la transformación de aragonito a calcita, no tenemos evidencias de este hecho. Tal como señala OLAUSSEN (1981), el estroncio pudiera derivar de la dolomitización de un sedimento calcítico o aragonítico. Se podría conjeturar que la dolomitización del fango calcítico (o aragonítico) original y la sustitución del yeso por dolomita son los procesos que aportan el estroncio y los iones sulfato necesarios para la formación de celestina. De esta manera, el desarrollo

de ésta tendría lugar probablemente bien entrada la fase de dolomitización. En este caso, la observación de un mosaico dolomicroesparítico sustituyendo parcialmente a algunos cristales de celestina pudiera ir asociada al estadio de dolomicroesparitización parcial del material dolomicrítico.

El estudio de láminas delgadas y la sedimentología de las arcillas nos llevan a proponer, de forma provisional y a la espera de encontrar nuevos datos en la investigación en curso, la siguiente secuencia de procesos a partir de un sedimento lutítico-carbonatado original:



Esta sucesión indicaría que el origen de la dolomita acontecería en un estadio menos temprano del sugerido por TRAUTH (1977).

C) Perfil mixto: lutítico fluvial y margoso-carbonatado lacustre central (Rábano)

Ocupa el tercio inferior de la columna de Rábano (Fig. 2), distinguiéndose en él un tramo lutítico yesífero de color rojo y, por encima, otro de composición dolomítico-yesífera de color blanco.

El primero muestra una asociación arcillosa formada por illita-caolinita-clorita-esmectitas y paligorskita (Fig. 3f). El análisis de microfacies refleja la presencia de bioturbaciones tubulares y en concertina (éstas ramificadas y asociadas, en ocasiones, a nodulizaciones carbonatadas). Las primeras pueden presentar un relleno de yeso microgranular probablemente ligado a actividad biológica. Existe, además, yeso intersticial en cristales lenticulares (Fig. 6) que es degradado a yeso microgranular de color blanco y textura harinosa, o bien es reemplazado, al igual que el anterior de relleno, por esparita. Ésta, a su vez, muestra cierto grado de corrosión. Las arcillas presentan separaciones plásmicas de tipo latisépico, más patentes en las áreas nodulizadas.

En el segundo tramo observamos una asociación de arcillas dominada por sepiolita y, en menor cantidad, illita y trazas de clorita y paligorskita (Fig. 3g). Microtextural y composicionalmente corresponde a una dolomicroesparita, formada a partir de dolomicrita, con cristales de yeso intersticial en disposición isotrópica, que presentan una sustitución parcial por dolomicroesparita (Fig. 7).

La disposición secuencial en campo, las relaciones microtexturales y la asociación arcillosa demuestran que el tramo inferior representa un sedimento de llanura de inundación relacionada con un sistema fluvial de marcado estiaje, donde los rasgos autigénicos principales se refieren a la formación de yeso y dolomita en conexión con la actividad biológica del suelo y la fuerte evaporación. Las separaciones plásmicas arcillosas evidencian la actuación de procesos edáficos.

El tramo superior corresponde, en cambio, a una sedimentación carbonatada lacustre sometida a exposición subaérea intermitente. La presencia de sepiolita en unión de yeso y dolomita está marcando un gran confinamiento y evaporación en el medio. Por su parte, la relación microtextural entre yeso y dolomita indica que la formación de yeso sería anterior al mosaico dolomítico encajante. Este representaría una sustitución del fango calcáreo original.

DISCUSIÓN

El conjunto de hechos descritos e interpretados anteriormente nos van a permitir conocer el porqué de la distribución de ambientes sedimentarios deducida de la correlación de litofacies (Fig. 2).

Por un lado, la asociación de arcillas señala que la procedencia del conjunto sedimentario fluvial de Bocos de Duero es netamente diferente a la del conjunto lutítico-margoso de Sacramenia: abundancia de illita y caolinita acompañadas de clorita en el primero, y ausencia casi absoluta de caolinita y clorita y escasa proporción de illita en el segundo. Conviene precisar que el sistema sedimentario fluvial proviene del E-ENE, (ARMENTEROS 1985), lo cual comparte la diferencia apuntada.

A su vez, las neoformaciones arcillosas indican claras diferencias entre ambos conjuntos sedimentarios: en el perfil de Bocos de Duero se halla bien representada la paligorskita en los niveles con encostramientos carbonatados y yesos intersticiales, así como las esmectitas neoformadas a partir de la alteración de illitas y cloritas; en Sacramenia, en cambio, se observa un predominio de arcillas magnesianas (sepiolita muy abundante y esmectitas). Ello nos ha llevado a la consideración de un sistema sedimentario abierto con marcados estadios de sequía para el conjunto de Bocos de Duero y otro confinado, de carácter evaporítico, para el de Sacramenia.

La aparición de paligorskita en Bocos de Duero está ligada a horizontes de encostramientos carbonatados, donde suele hallarse presente la dolomita, y a niveles de yeso intersticial. Esta situación se corresponde con un ambiente de aridez estacional, probablemente correlacionada con épocas de prolongado estiaje en el

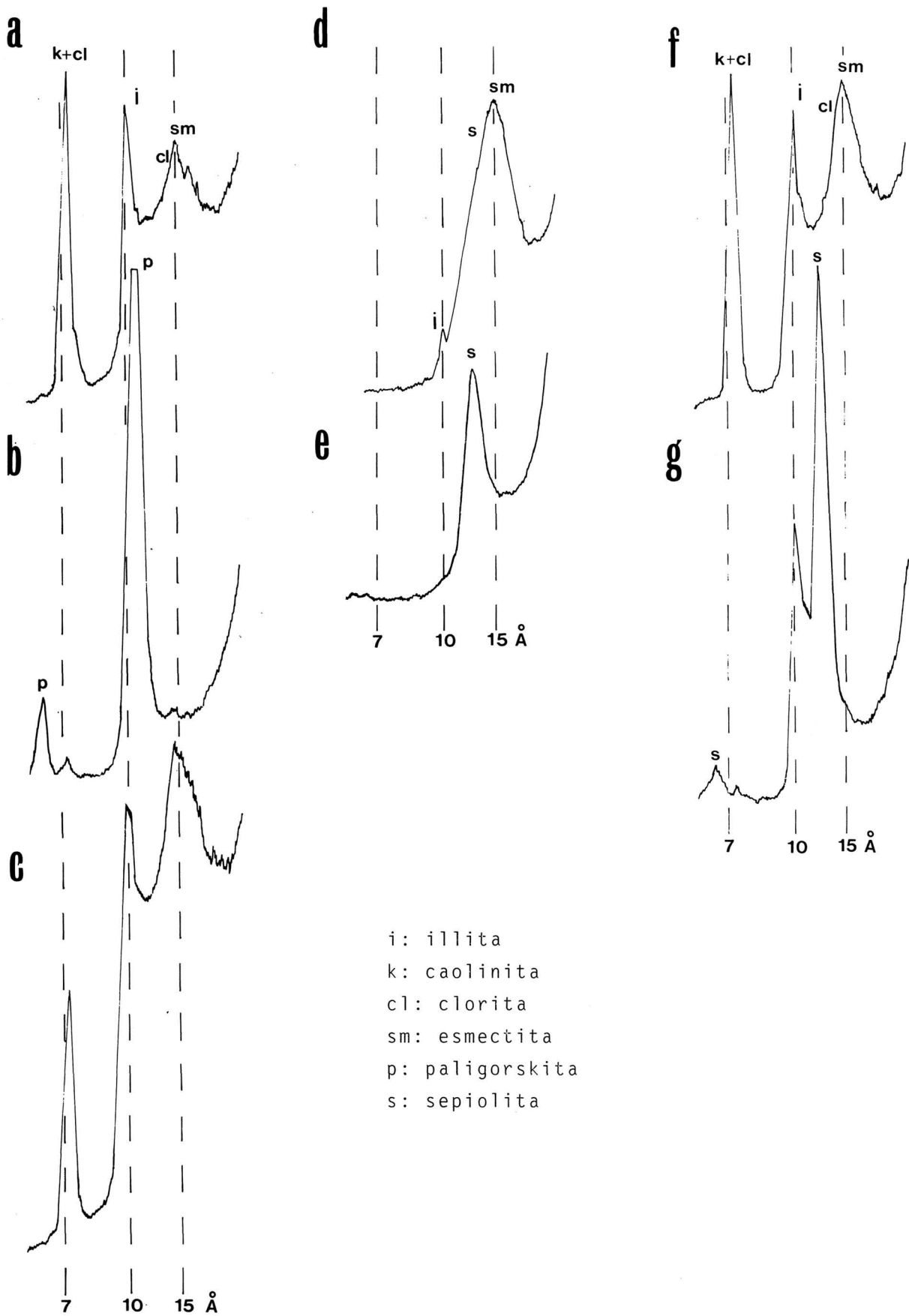


Figura 3. Difractogramas.

sistema fluvial. WATTS (1980) describe la aparición de paligorskita en «calcretes» sudafricanos y la adscribe a suelos de zonas áridas. En Sacramenia, en cambio, sólo aparecen trazas de paligorskita, asociadas a sepiolita y no relacionadas con desarrollo de costras. Aquí, la asociación de nódulos de sílex-niveles sepiolíticos y fases sulfatadas (yesos y celestina) corresponde a un medio complejo caracterizado por una secuencia de procesos que indican un marcado confinamiento en la cuenca, circunstancia no observada en Bocos de Duero.

En cuanto al perfil de Rábano, se reconocen dos tendencias. La primera corresponde a la parte inferior y presenta rasgos análogos al perfil de Bocos de Duero (predominio de arcillas heredadas). La segunda es semejante a la observada en el perfil de Sacramenia, de la que se diferencia por la ausencia de sílex y celestina. El paso de una a otra en la vertical está señalando una sustitución del medio abierto de Bocos de Duero por otro más confinado semejante al de Sacramenia, lo que sucede en un momento en que éstos están vigentes en la región. De esta forma se detecta una expansión de los ambientes confinados a partir del borde meridional.

Con las deducciones ambientales extraídas de los diversos perfiles, de su comparación y de la distribución de facies, se puede llegar al establecimiento de un esquema paleogeográfico durante la sedimentación de la Litofacies de Aranda de Duero y de la parte inferior de las Formaciones de Peñafiel y Cuevas de Provanco, para el sector estudiado. En él (Fig. 8) se reconoce un área con dominio de un sistema fluvial sinuoso distal (procedente del este) caracterizado por marcados estadios de sequía, en la parte noroccidental, y otra, con dominio lacustre, instalada en la zona suroriental.

Estas áreas se hallan respectivamente en posiciones distal y próxima al zócalo de Honrubia. En una etapa inicial (siempre contando con la base aflorante de las Unidades Litoestratigráficas), el sistema fluvial extendió sus dominios hacia el SE traspasando la localidad de Rábano. Progresivamente, dicho sistema es desplazado hacia el NO (Bocos de Duero) resultando así una expansión del ambiente lacustre confinado. Este se sitúa, en un principio, bordeando las partes distales del sistema local de abanicos aluviales secos, enraizado en el relieve de Honrubia; al final del período que abarca este estudio, ensancha sus dominios hacia el NO. Los rasgos de este sistema de gran confinamiento derivan, en gran parte, del asentamiento cercano a un borde de cuenca poco activo, de la influencia litológica del antiguo relieve de Honrubia a través de las aguas de escorrentía superficial y subterránea y de la situación al pie de un relieve que captaba una escasa y mal distribuida precipitación anual.

A continuación del período que nos ocupa (parte superior de la Formación Peñafiel y parte superior de las de Cuevas de Provanco) se registra en toda la región una sedimentación carbonatada lacustre con intercalaciones arcillosas en el área marginal de Sacramenia (ARMENTEROS 1985). De ello se deduce que llega

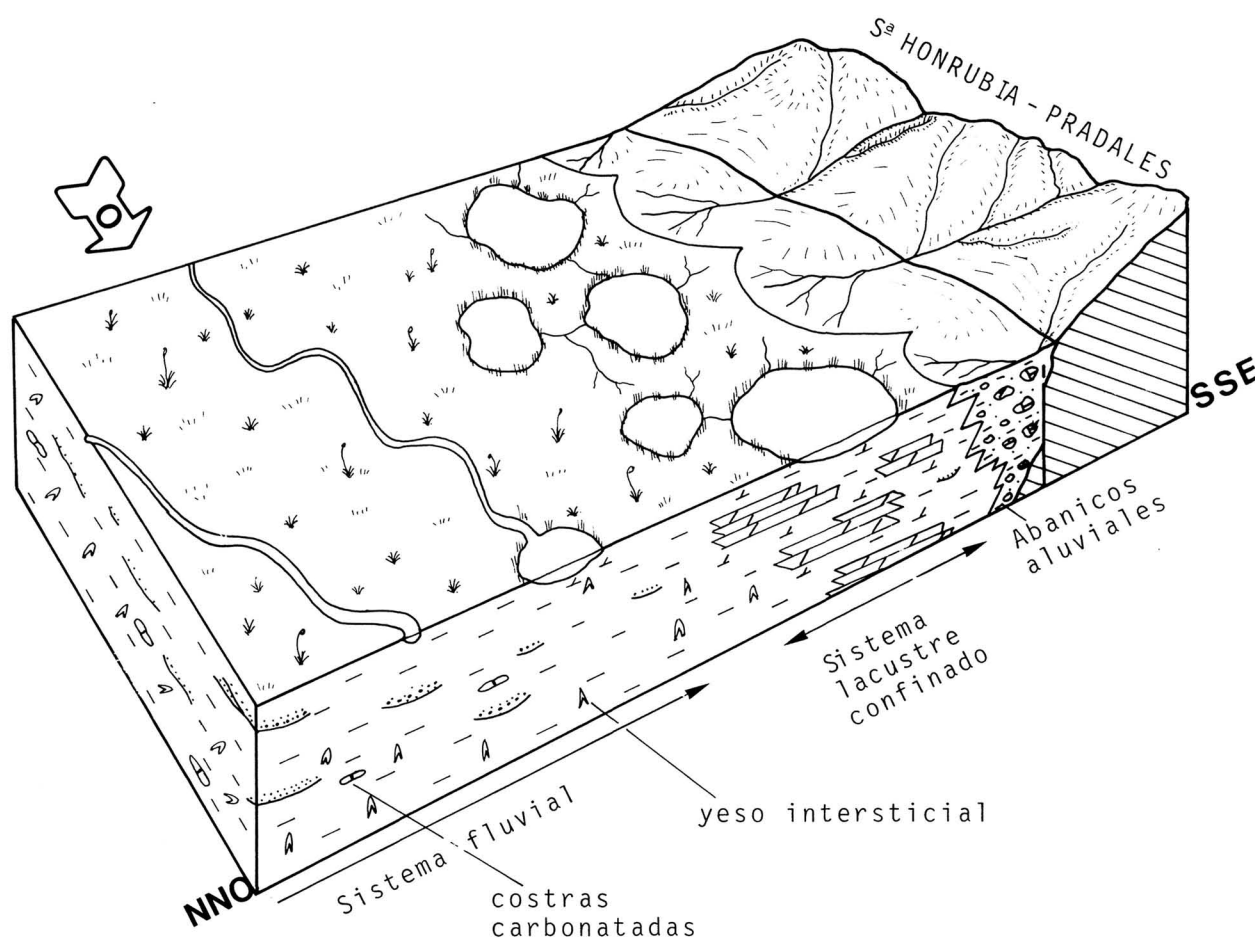


Figura 8. Esquema paleogeográfico.

a tener lugar la conexión entre un sistema lacustre central, relacionado con la red fluvial procedente del este y situado al NO, y el sistema lacustre marginal, instalado desde antiguo en el área suroriental.

Queda patente, en definitiva, que la sedimentación del registro mioceno en esta región de la Depresión del Duero tenía lugar en un conjunto de subcuencas de extensión y características variables en el tiempo, que podían presentar estadios endorreicos.

La importancia de este estudio se justifica por el control que ejercen la presencia de arcillas magnesianas y de celestina sobre la distribución de facies.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la desinteresada colaboración de Philippe Larqué y sus colaboradores del Centre de Geochimie de la Surface, Univer-

sidad «Louis Pasteur» de Strasbourg (France), así como de M. Sánchez Camazano de la Unidad de Físico-Química de Arcillas del I.O.A.T.O. de Salamanca.

BIBLIOGRAFÍA

- ARMENTEROS, I. (1985): *Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector suroriental de la Depresión del Duero (Aranda de Duero)*. Tesis doctoral (inédita). Univ. Salamanca.
- ELORZA, J.; RODRÍGUEZ LÁZARO, J. (1984): *Existencia de estructuras nodulosas de celestina afectadas por silicificación en el Valle de Losa (N. de Burgos)*. Estudios geol. 40; 41-48.
- GARCÍA DEL CURA, A.; LÓPEZ AGUAYO, F. (1974): *Estudio mineralógico de las facies detrítico-calcáreas del Terciario de la Zona Centro-Oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero)*. Estudios geol. XXX; 503-513.
- MARTÍN POZAS, J. M.; MARTÍN-VIVALDI, J.; SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1983): *El yacimiento de Sepiolita-Paligorskita de Sacramenia, Segovia*. Bol. Geol. y Min. XCIV-II; 113-120.
- MULLER, G.; IRION, G., FORSTNER, U. (1972): *Formation and diagenesis of Inorganic Ca-Mg Carbonates in the Lacustrine Environment*. Naturwissenschaften 59; 158-164.
- OLAUSSEN, S. (1981): *Formation of celestite in the Wenlock, Oslo Region Norway. Evidence for evaporitic depositional environments*. Jour. Sediment. Petrol. 51 (1); 37-46.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, F.; GARCÍA DEL CURA, M. A. (1980): *Contribución al conocimiento sedimentológico del Sector Centro-Oriental de la Cuenca del Duero (Sector Roa-Baltanás)*. Estudios geol. 36; 361-369.
- TRAUTH, N. (1977): *Argiles évaporitiques dans la sédimentation carbonatée continentale et épicontinentale tertiaire (bassins de Paris, Mormoiron et de Salinelles, France et Jbel Ghassoul, Maroc)*. Sciences Géologiques 49; 195.
- WATTS, N. L. (1980): *Quaternary pedogenic calcretes from the Kalahari (Southern Africa): mineralogy, genesis and diagenesis*. Sedimentology 27(6); 661-686.

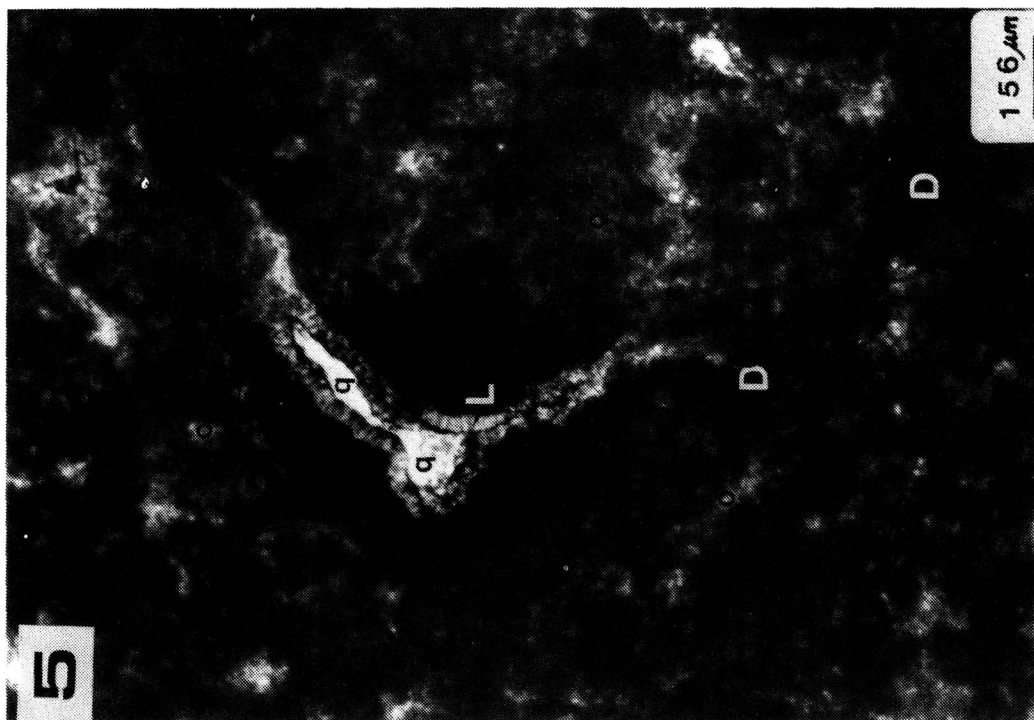


Figura 4. N.C.- Agregados de yeso intersticial que aparecen corroídos por la matriz arcillosa (A) y reemplazados parcialmente por calcita (C). Perfil de Bocos de Duero.

Figura 5. N.C.- Cementación opalina fibrosa (lussatita) (L) tapizando la cavidad que se acaba llenando con cuarzo microcristalino (q), dentro de una dolomicrita (D) con pseudomorfos dolomíticos de yeso y sustituida parcialmente por ópalo homogéneo (o). Perfil de Sacramenia.

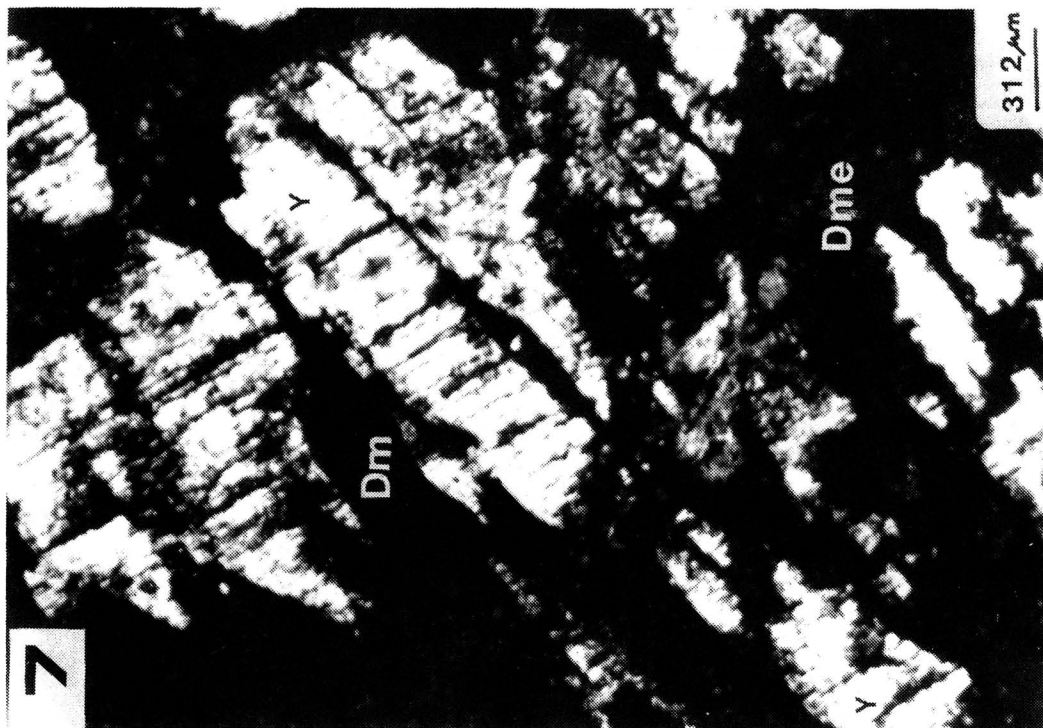
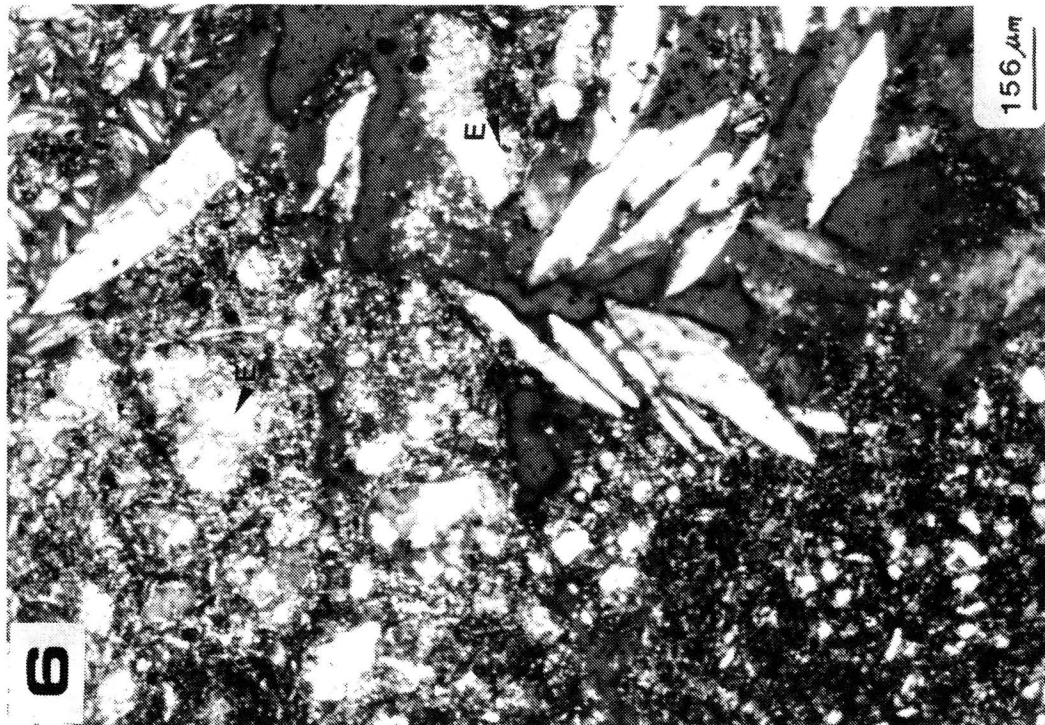


Figura 6. N.C.- Yeso lenticular intersticial en lutitas arenosas con separaciones plásmicas de arcillas. El yeso aparece parcialmente reemplazado por un mosaico esparítico (E). Perfil de Rábano.

Figura 7. N.C.- Cristales de yeso lenticular (Y) dentro de una matriz dolomítica (Dm) parcialmente recrystalizada a dolomicroesparita (Dme). Los cristales de yeso muestran una sustitución parcial por dolomita.