

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LOS MATERIALES LACUSTRES (FORMACION DE GORAFE-HUELAGO) DEL SECTOR CENTRAL DE LA DEPRESION DE GUADIX*

M. E. Arribas**, J. Fernández*** y J. M. García-Aguilar***

RESUMEN

El análisis sedimentológico y petrológico de los materiales carbonatados de la formación de Gorafe-Huélogo (Plioceno), ha permitido diferenciar diversas facies que caracterizan varios subambientes de sedimentación carbonatada dentro de un sistema deposicional fluvio-lacustre: *llanura lutítica* (limos, limos carbonatados y arenas), *zonas de encharcamiento palustre* (margas carbonosas), *orla palustre carbonatada* (calizas bioturbadas por raíces, calizas nodulosas y paleosuelos, costras calcáreas y margas nodulosas) y *zona lacustre* (calizas algales laminadas y oncolíticas, calizas fosilíferas, calizas margosas y margas).

La evolución y distribución de las facies están controladas por el accidente tectónico del Negratin, fundamentalmente transcurrente y que atraviesa la zona de estudio con una dirección NE—SW. En el bloque levantado (sector N) tiene lugar una sedimentación carbonatada lacustre, mientras que en el bloque hundido (sector S) la sedimentación es fundamentalmente terrígena. Los materiales carbonatados que caracterizan la sedimentación lacustre se relacionan entre sí y con otras facies terrígenas en determinadas secuencias sedimentológicas lacustres: secuencias de retracción, secuencias de expansión y secuencias de expansión-retracción.

Palabras clave: Depresión de Guadix-Baza, Plioceno, Formación de Gorafe-Huélogo, Carbonatos lacustres.

ABSTRACT

Sedimentological and petrological analysis of the Gorafe-Huélogo formation (pliocene) permits to distinguish some different facies types which characterize the following subenvironments of lacustrine carbonate sedimentation: *lutitic plain* (silts, carbonatic silts and sands), *swamps* (coaly marls), *carbonatic marshy rim* (root-bioturbated limestones, nodular limestones, paleosols, calcareous crusts and nodular marls) and *lacustrine zone* (algal limestones, fossiliferous limestones, marly limestones and marls).

The distribution of this facies was strongly controlled by the tectonics (Negratin accident), which delimited a southern sunken block, predominantly with terrigenous facies (lutitic plain and swamps) and a northern uplifted block in which there is a greater development of carbonatic lacustrine sediments. Finally, these facies are organized in retractive, expansive or expansive-retractive sequences which mark the sedimentological evolution of the formation.

Key words: Guadix-Baza basin, Pliocene, Gorafe-Huélogo formation, lacustrine carbonates.

Introducción

La depresión de Guadix-Baza es una de las depresiones neógenas que jalonan el contacto entre las zonas internas y externas de las Cordilleras Béticas. En ella se pueden diferenciar dos sectores (de Guadix

al oeste y de Baza al este) separados por un alto paleogeográfico norte-sur, parte del cual aflora en el macizo del Jabalcón.

La cuenca se individualizó hacia el Aquitaniense y en los materiales que constituyen su relleno se pueden diferenciar dos grandes conjuntos separados por una

* Trabajo realizado en el seno del proyecto de investigación «Análisis sedimentológico, mineralógico y evolución tectosedimentaria de las depresiones béticas orientales». C.A.I.C.Y.T. y C.S.I.C.

** Dpto. de Petrología. Univ. Complutense. Madrid.

*** Dpto. de Estratigrafía y Paleontología. Universidad de Granada.

discordancia: uno de edad Mioceno superior, cuyos materiales se depositaron en un ambiente marino y continental, y otro Plioceno-Pleistoceno integrado por materiales estrictamente continentales.

En los materiales de edad Plioceno-Pleistoceno del sector de Guadix se diferencian dos formaciones: 1) La Formación de Guadix definida por Von Drasche (1979) y redefinida por Vera (1970) que aflora ampliamente en todo el borde sur y suroeste de la depresión y que está constituida por materiales aluviales terrígenos esencialmente conglomeráticos y arenosos. Hacia el centro de la cuenca cambia lateralmente de facies a la formación de Gorafe-Huélago. 2) La Formación de Gorafe-Huélago (Vera, 1970) litológicamente integrada por materiales margoso-calcareos con algunos niveles carbonosos, limos, arenas y conglomerados en menor proporción depositados en su conjunto en un medio lacustre en sentido amplio.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico el conjunto Plio-Pleistoceno queda limitado por el glacis datado mediante el yacimiento Achelense de la Solana del Zamborino (Casas, Peña y Vera, 1975) en una edad absoluta de 70.000 años B.P. y el yacimiento Gorafe-A (Ruiz-Bustos, Sese *et al.*, 1984) situado a la base de la formación de Gorafe-Huélago y datado como Rusciniense Inferior (Zona 14 de Mein).

El objetivo de este trabajo lo constituye el análisis sedimentológico de la formación de Gorafe-Huélago. Dicha formación aflora ampliamente en la mitad norte de la depresión entre los pueblos que le dan nombre y magníficos cortes de la misma se encuentran a ambos márgenes del arroyo de Gor, cerca de la localidad de Gorafe. Cartográficamente la formación muestra su máxima extensión según la dirección NE-SW (fig. 1) coincidente con una línea tectónica regional (accidente del Negratín, Estévez *et al.*, 1976, y Estévez y Sanz de Galdeano, 1983). Este accidente tectónico controló, probablemente, la distribución de focos subsidentes en cuencas neógenas como las de Guadix-Baza y la de Granada, que fueron asiento de zonas lacustres. Las pequeñas diferencias topográficas existentes entre el sector norte (bloque levantado) y el sector sur (bloque hundido) fueron suficientes para que este último actuara como trampa de sedimentos terrígenos finos procedentes de los sistemas fluviales de la formación de Guadix, favoreciendo el desarrollo de facies carbonatadas en el bloque norte (fig. 2). En periodos de inactividad tectónica tendría lugar la homogenización topográfica y de las facies sedimentarias desarrolladas.

Ambientes de sedimentación y descripción de las facies

Para caracterizar, tanto sedimentológicamente como petrológicamente, los materiales carbonáticos de la

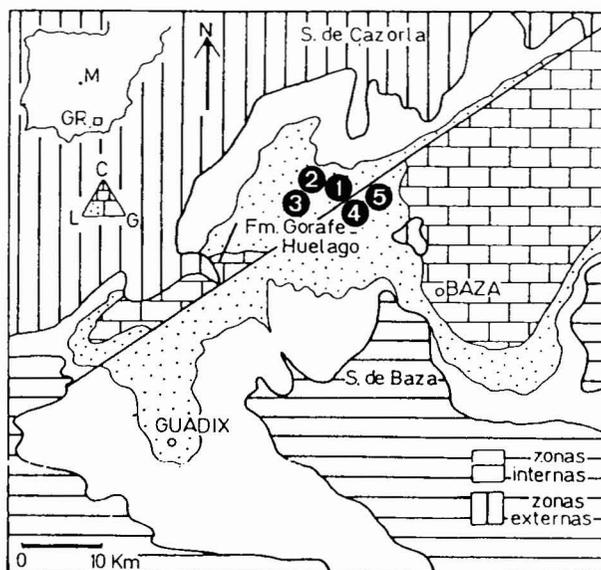


Fig. 1.—Situación geográfica y geológica.

formación Gorafe-Huélago se han estudiado cinco secciones estratigráficas previamente seleccionadas dentro de la zona de estudio, tres de ellas se realizaron en el sector N y dos en el sector S (fig. 2). Las secciones tipo que caracterizan estos dos sectores corresponden a la sección 10W en el sector S y la sección 12W en el sector N (figs. 3 y 4). En estas secciones litológicas las facies se asocian entre sí en determinadas asociaciones de facies que hemos numerado añadiendo la sigla correspondiente al sector N o S. A su vez dichas asociaciones de facies se agrupan en asociaciones secuenciales que caracterizan el tipo de sedimentación carbonática en cada sección.

El estudio sedimentológico y petrológico de los materiales carbonáticos de la formación Gorafe-Huélago ha permitido caracterizar los siguientes ambientes de sedimentación fluvio-lacustre (Lám. 1):

- Llanura lutítica.
- Zonas de encharcamiento palustre.
- Orla palustre carbonatada.
- Zona lacustre.

Llanura lutítica.

Está caracterizada, fundamentalmente, por la presencia de limos y limos carbonatados, con algunos canales arenosos de dimensiones reducidas (Lám. I,1). Estas facies son muy abundantes en el sector sur de la zona de estudio, donde se intercala con pequeños episodios de sedimentación lacustre. Los limos están formando niveles de potencias comprendidas entre 0,3 m. y 5 m. En ocasiones se observan a techo de estos niveles procesos de carbonatación con formación de

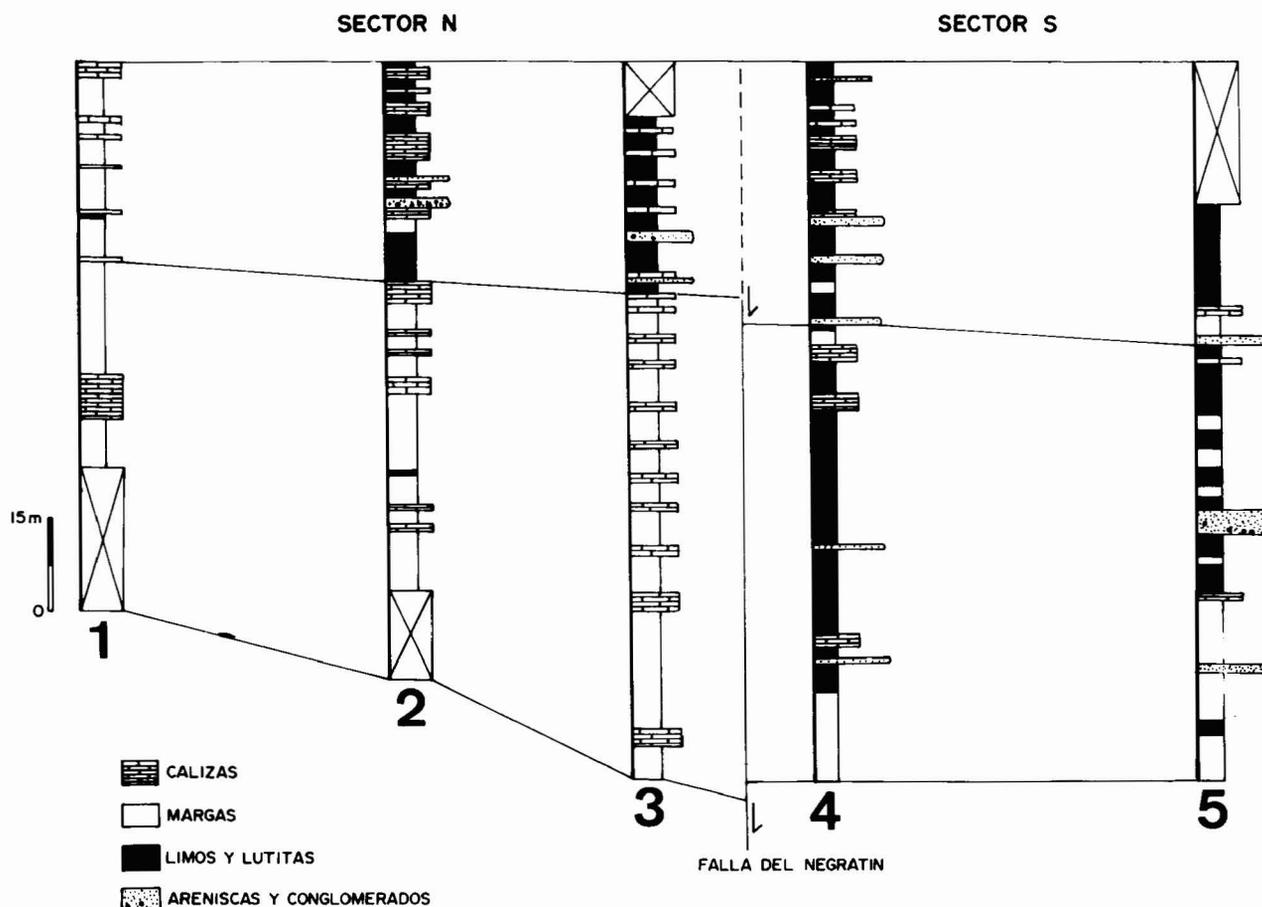


Fig. 2.—Secciones estratigráficas.

nódulos, bioturbación por raíces, pudiendo llegar a formar niveles diferenciados de calizas nodulosas y paleosuelos. Los limos se asocian a otros tipos de facies, como canales y calizas nodulosas en determinadas asociaciones de facies (6N, 7N, 8N, 3S, 6S, 8S, 9S y 11S; figs. 3 y 4).

Zonas de encharcamiento palustre

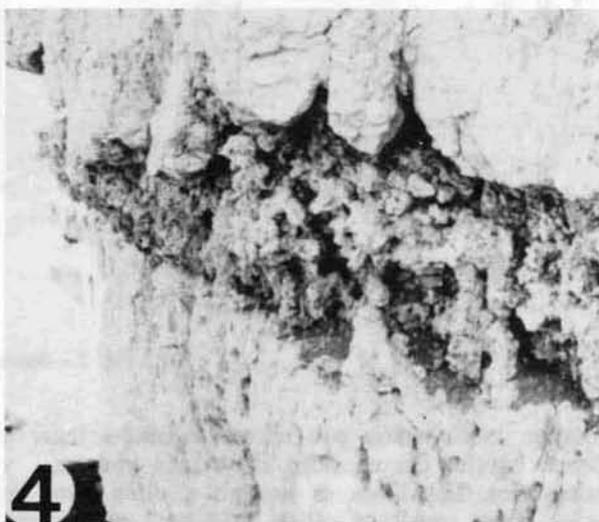
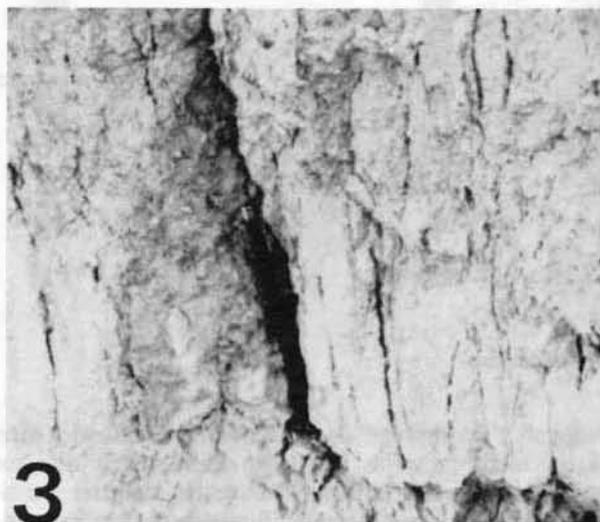
Caracterizada por la presencia de margas carbonosas con abundantes restos de gasterópodos y restos vegetales. Forman niveles muy ricos en materia vegetal dando a veces láminas centimétricas de carbón (Lám. 1,2). Se encuentran alternando con otros tipos de facies como: margas, calizas fosilíferas, calizas nodulosas y conglomerados, en diversos tipos de asociaciones de facies (1N, 2N, 5N, 2S, 5S y 7S; figs. 3 y 4).

Las margas carbonosas forman tanto los términos inferiores como los superiores de dichas asociaciones de facies. La formación de niveles ricos en materia vegetal requiere ambientes palustres reductores en los que se favorece la acumulación de dicha materia

vegetal y se protege de la acción oxidante del aire. Estas zonas palustres han sido descritas por diversos autores, tanto en ambientes lacustres-palustres continentales como en ambientes fluviales de medios antiguos y actuales. En la mayoría de los casos se describen secuencias sedimentológicas, en las que los sedimentos palustres o de «swamps» se encuentran coronando dichas secuencias (Staub y Cohen, 1979; Kauffman y McCulloch, 1965). Los sedimentos de las zonas de «swamps» son, en general, margas carbonosas con abundantes restos vegetales y moluscos, como en nuestro caso. La formación y desarrollo de estas zonas de encharcamiento palustre estaría originada por la colonización de plantas de agua dulce sobre áreas restringidas de la orla palustre carbonatada. Serían zonas deprimidas donde se favorecería la acumulación de materia orgánica vegetal.

Orla palustre carbonatada.

Con predominio de sedimentación carbonatada, aunque puede ir en relación a otras facies palustres



(margas carbonosas). Se han diferenciado diversas facies en función de las estructuras encontradas en el campo, aunque como veremos en sus descripciones petrográficas, presentan procesos diagenéticos tempranos similares. Estas facies son: calizas bioturbadas por raíces, calizas nodulosas-paleosuelos, costras calcáreas y margas nodulosas.

«Calizas bioturbadas por raíces»

Son las facies calcáreas más abundantes en toda la zona de estudio. Forman niveles bien estratificados y sus potencias oscilan entre 0,3 m. y 2,5 m. Se caracterizan por presentar una estructura tabular debida a bioturbación de raíces, la cual produce un conjunto de canales alargados perpendiculares a la estratificación (Lám. I,3). Asimismo, se han observado dentro de estas facies gasterópodos, cantos negros y restos vegetales calcitizados. En ocasiones pueden llegar a presentar procesos de nodulización. Se encuentran relacionadas a otros tipos de facies carbonatadas (margas y calizas nodulosas) en varios tipos de asociaciones (3N, 5N, 6N, 1S, 2S, 7S, 9S y 10S; figs. 3 y 4).

Petrográficamente son micritas - pelmicritas con textura «clotted» y se caracterizan por la presencia de: pseudomorfo lenticulares de yeso, huellas de raíces (porosidad tipo «vug»), pisoides, etc. (Lám. II,1). Asimismo se han observado en estas microficies gasterópodos, ostrácodos y material terrígeno disperso en la matriz, pero en bajas proporciones.

Las calizas bioturbadas por raíces se interpretan como un tipo de facies palustre originada por el desarrollo de una cubierta vegetal sobre los sedimentos de los márgenes litorales de la cuenca lacustre. El proceso de bioturbación por raíces produciría la formación de textura «clotted» y porosidad tipo «vug» en el sedimento. La morfología vertical de las huellas de raíces y su desarrollo en profundidad refleja condiciones vadosas en su formación según Cohen (1982). Por otra parte, la formación de lenticulas de yeso es un proceso diagenético temprano (eodiagenético) muy generalizado en facies palustres, y su formación se relaciona a procesos de neomorfismo a partir de cristales lenticulares formados en lodos carbonáticos, dentro de los márgenes litorales de la cuenca lacustre (Freytet, 1973; Nickel, 1982). Otro componente que apoya la formación palustre de estas facies es la presencia de cantos negros («black-pebbles») (Strasser, 1984). Por todo ello, las calizas bioturbadas por raíces son interpretadas como formadas en las orlas palustres carbonatadas.

«Calizas nodulosas-paleosuelos»

Son un tipo de facies abundantes en toda la zona de estudio, presentándose tanto en el sector N como en el S. Ambas se caracterizan por un marcado proceso de nodulización, que puede ir acompañado de otros procesos pedogenéticos como: bioturbación por raíces, marmorización, etc. Se relacionan con facies tanto carbonatadas como detríticas, en determinadas asociaciones de facies (1N, 6N, 7N, 8N, 9N, 6S, 10S y 11S; figs. 3 y 4). En la mayoría de los casos forman los términos superiores de dichas asociaciones. La potencia de estas facies oscila entre 0,3 m. y 1,2 m. En ocasiones, las calizas nodulosas presentan morfología de paleosuelo, conservando la estructura nodulosa y las rizocrecciones carbonatadas de éstos (Lám. I,4). Por ello la diferenciación entre paleosuelos y calizas nodulosas es únicamente estructural.

Petrográficamente son micritas-micritas recristalizadas, en las que se pueden observar los siguientes procesos diagenéticos tempranos: cementación esparítica de tipo «shrinkage» con formación de «ooid-craks» (Lám. II,2), bioturbación debida a raíces y formación de estructuras «bird-eyes». La cementación esparítica de tipo «shrinkage», así como la formación de estructuras «bird-eyes» son procesos debidos a desecación del sedimento y han sido interpretados como producto de exposición subaérea (Freytet y Plaziat, 1982). Las calizas nodulosas, además, presentan otros procesos pedogenéticos como: bioturbación por raíces (semejante a la descrita en otras facies) con formación de porosidad de tipo: «vug», canal y en halos alrededor de ciertos componentes micríticos (nódulos y «ooid-craks»); cementación esparítica tipo «blocky» rellenando la porosidad formada; formación de lenticulas de yeso (Lám. II,3), etc. Por otra parte la nodulización es el proceso diagenético más característico y queda reflejado tanto en la macroescala como en la microescala. En esta última la nodulización se traduce en la formación de pequeños componentes micríticos (nódulos), que suelen encontrarse marcados por un cemento esparítico formando elementos tipo «ooid-craks» (Lám. II,4). Componentes micríticos de características análogas son citados por numerosos autores en estudios sobre caliches y procesos de pedogénesis (Esteban, 1974 y 1975; Braithwaite, 1975; Calvet y Julia, 1983) proponiendo en algunos casos (Esteban, 1974 y 1975) procesos de secado («shrinkage»).

La mayoría de los procesos diagenéticos, aquí descritos para las calizas nodulosas, corresponden a procesos pedogenéticos que afectan a un substrato carbonático lacustre expuesto constante o periódicamente a

Lámina I.—1. Limos carbonatados y canal arenoso. Asociación de facies 3S. Llanura lutítica.—2. Margas carbonosas. Término inferior de la asociación de facies 1S. Zona de encharcamiento palustre.—3. Calizas bioturbadas por raíces. Término Superior de la asociación de facies 3N. Orla palustre carbonatada.—4. Calizas nodulosas y paleosuelo. Términos intermedios de la asociación de facies 6N. Orla palustre carbonatada.—5. Costra calcárea con porosidad de disolución. Término intermedio de la asociación de facies 2N. Orla palustre carbonatada.—6. Caliza algal con laminación centimétrica. Término inferior de la asociación de facies 3N. Zona lacustre.

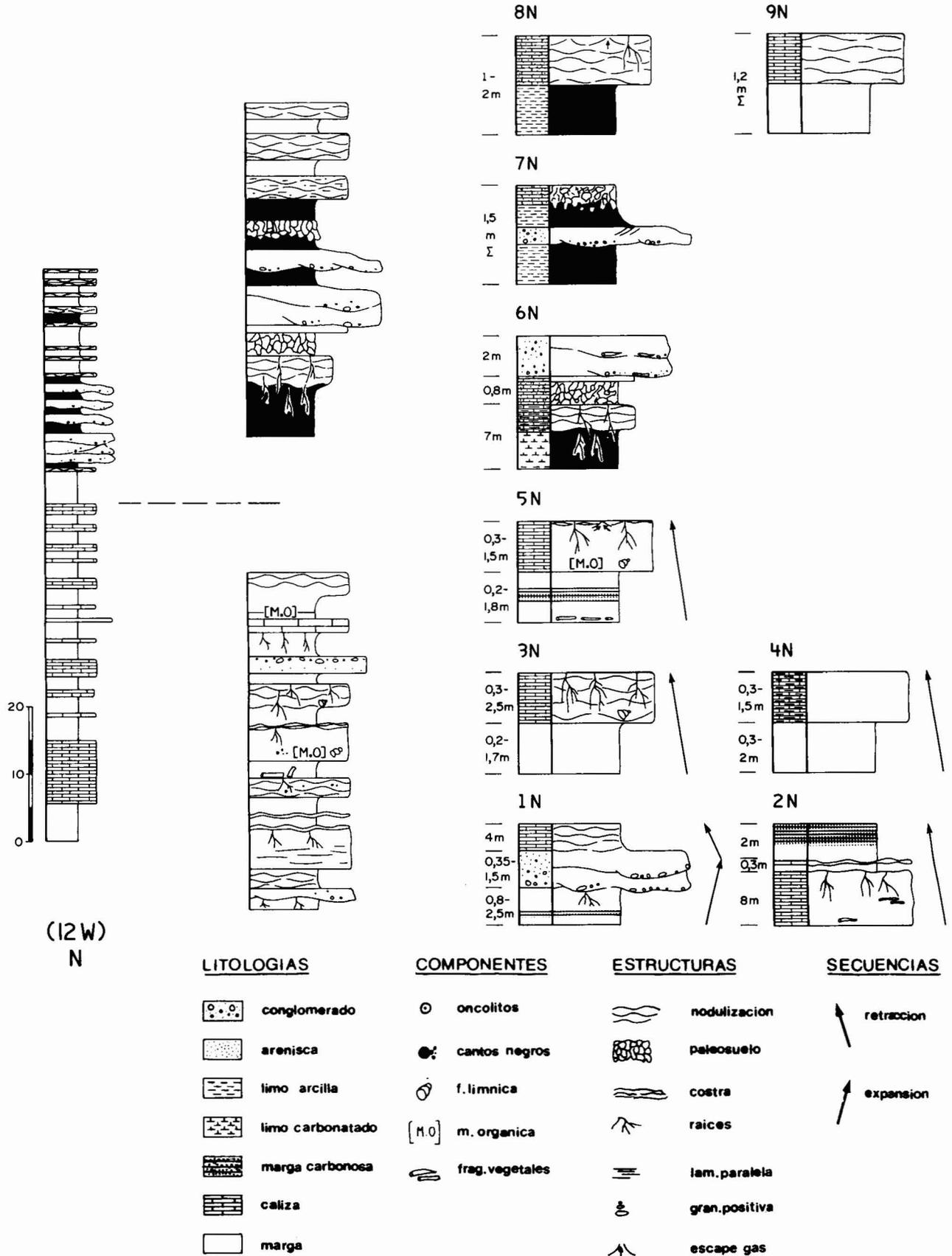


Fig. 3.—Sección estratigráfica de la formación Gorafe Huélago. Sector N. Asociaciones de facies y asociaciones secuenciales.

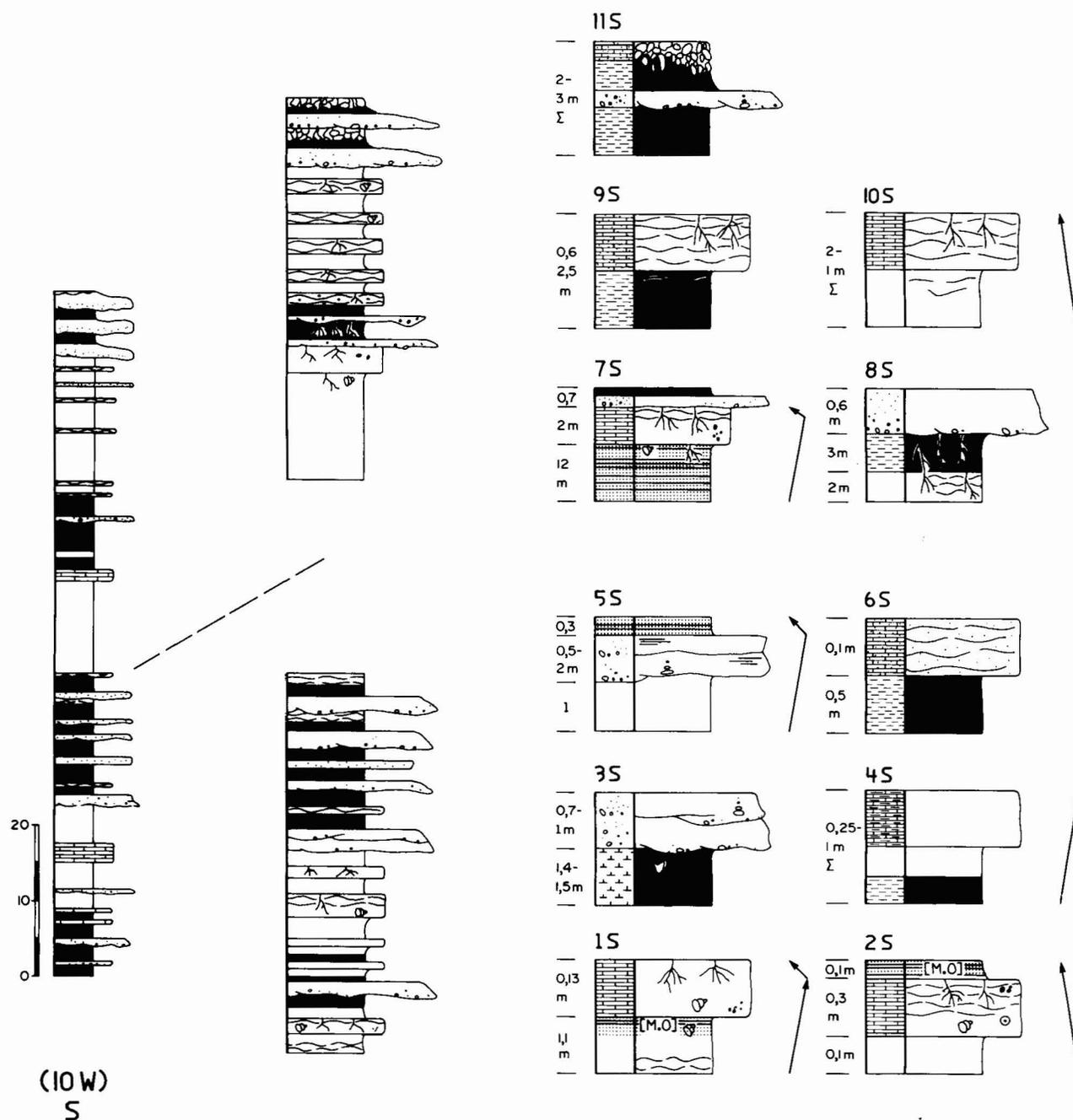
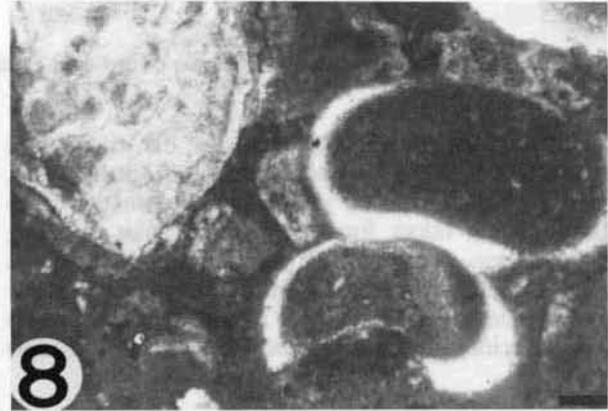
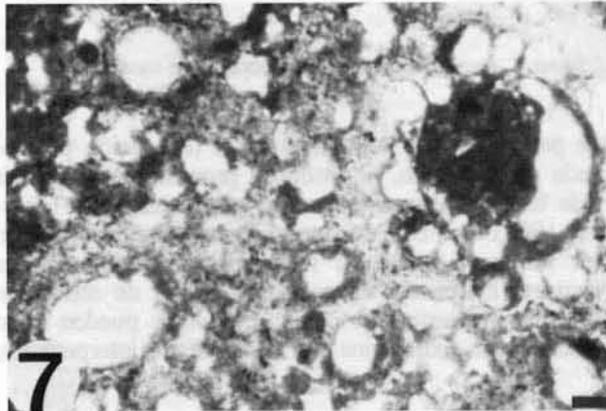
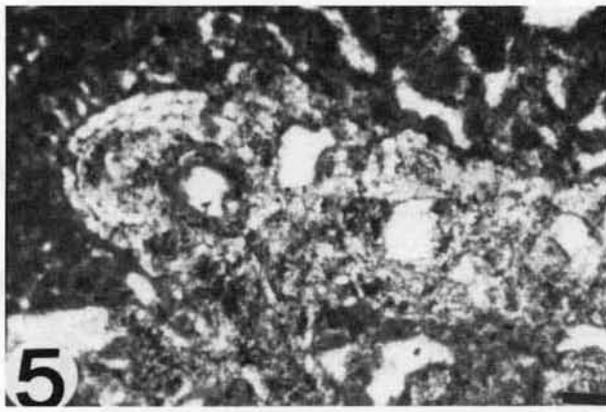
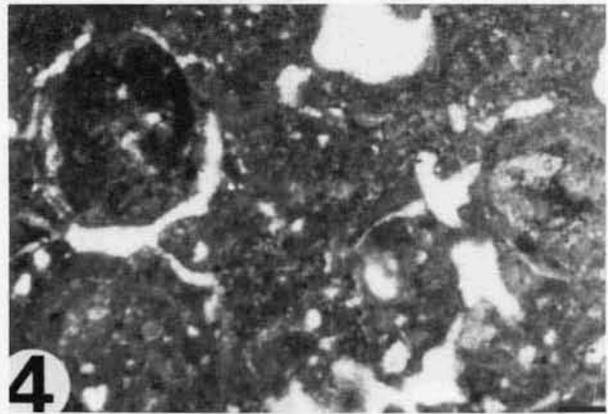
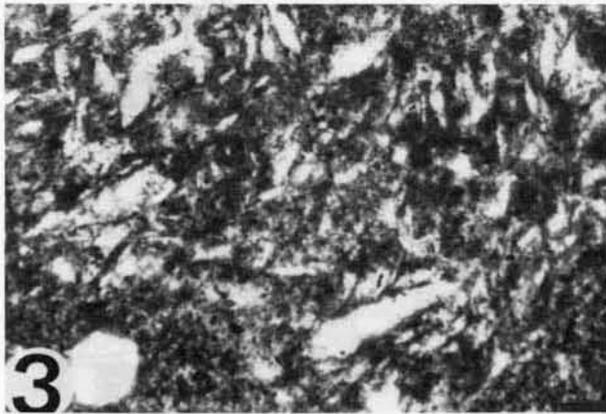
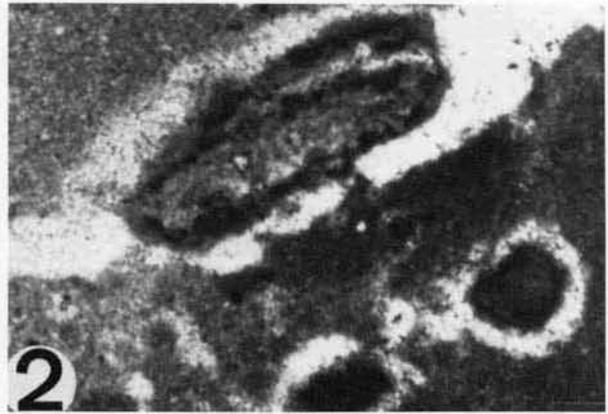
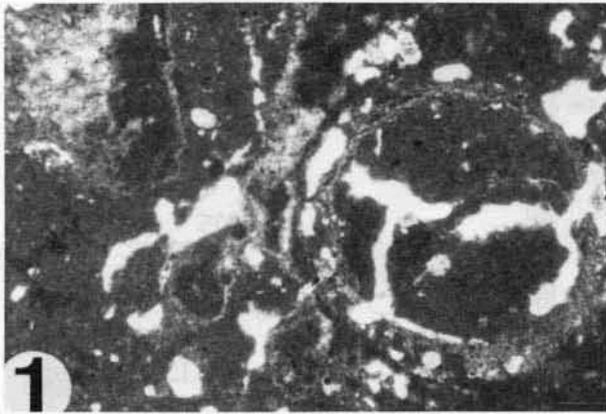


Fig. 4.—Sección estratigráfica de la formación de Gorafe-Huélago. Sector S. Asociaciones de facies y asociaciones secuenciales.

condiciones subaéreas. Dependiendo del tiempo de exposición y/o de la intensidad de la pedogénesis, podrán confluir más de un proceso diagenético (bioturbación por raíces, formación de lenticulas de yeso), en el mismo estrato. Si el proceso de desecación es corto (subida repentina del nivel del agua), la pedogénesis quedará reflejada por la presencia de huellas de desecación, huellas de raíces, etc. Pero si el proceso

de pedogénesis se acentúa por una desecación prolongada en el tiempo, se producen procesos de diagénesis más fuertes como: nodulización y recristalización (Freytet, 1973). Por ello, encontramos estas facies formando los términos finales de secuencias de sedimentación lacustre, marcando así episodios finales de retracción lacustre. Asimismo las calizas nodulosas pueden ir en relación con sedimentos detríticos, siendo interpretados,



en este caso, como el resultado del abandono de los aparatos o sistemas detríticos (canales distributarios) de la llanura de inundación, tal y como ocurre en las asociaciones de facies 1N, 7N y 11S (figs. 3 y 4). En conjunto, las facies de calizas nodulosas son interpretadas como el resultado de la sedimentación y diagénesis producidas en las orlas palustres carbonatadas.

«Costras calcáreas»

Forman un tipo de facies muy característica, ya que se presentan en general a techo de determinadas facies carbonatadas como calizas algales y calizas fosilíferas. La potencia oscila entre valores de 0,2 m. y 0,3 m. Presentan una alta porosidad de disolución, así como bioturbación de raíces y huellas de escape de fluido (Lám. I,5). Se encuentran relacionadas a otras facies (calizas algales, calizas fosilíferas, margas carbonosas, etc.) en asociaciones de tipo 2N y 5N (fig. 3).

Petrográficamente son variadas presentando microfacies de biomicritas algales y micritas con terrígenos y bioturbación por raíces. En algunos casos son muy ricas en componentes orgánicos (biomicritas algales) teniendo una gran diversidad de bioclastos (caráceas, gasterópodos, etc.). Se caracterizan por presentar huellas de raíces con porosidad de tipo «vug», así como cantos negros. Los procesos diagenéticos encontrados son similares a los ya descritos anteriormente, por lo que se han interpretado como un tipo más de facies palustre carbonatada.

«Margas nodulosas»

No son muy abundantes, se presentan normalmente formando los términos inferiores de las asociaciones 1S, 8S y 10S (fig. 4). Son muy semejantes a las facies de calizas nodulosas, pero contienen mayor cantidad de minerales de la arcilla. Forman niveles que llegan a alcanzar 2 m. de potencia. Presentan procesos de bioturbación por raíces y suelen ir en relación a otras facies palustres como: margas carbonosas y calizas nodulosas. Han sido interpretadas como otro tipo más de facies palustres.

Zona Lacustre

Se caracteriza por la presencia de las siguientes facies: calizas algales laminadas y oncolíticas, calizas fosilíferas, calizas margosas y margas. En general son facies homogéneas, en las que se reconocen distintos tipos de componentes algales y bioclastos.

«Calizas algales» (laminadas y oncolíticas)

Se presentan en el sector N de la zona de estudio. Son grandes cuerpos masivos, cuya potencia llega a alcanzar hasta 8 m. Dentro de estos cuerpos se observa claramente una laminación algal planoparalela (milimétrica-centimétrica; lám. I,6) y la presencia caótica de componentes vegetales calcitizados. Son muy micríticas y compactas. Asimismo se han observado oncolitos de diversas morfologías (circulares, cilíndricos), gasterópodos, caráceas. Normalmente, hacia el techo de estos cuerpos de calizas algales, se hacen visibles huellas de raíces muy verticalizadas y de manera gradual la caliza se transforma a techo en una costra calcárea. Además de las costras calcáreas, las calizas algales están en relación con otros tipos de facies calcáreas, margas y margas carbonosas en asociaciones de facies de tipo 2N (fig. 3).

Petrográficamente son micritas-pelmicritas algales de textura grumelar (Lám. II,5). Se caracterizan por la presencia de componentes algales como oncolitos (redondeados y cilíndricos), velos algales estromatolíticos y colonias de algas cianofíceas. Entre las colonias de algas observadas se han reconocido algas de tipo «fan-like» (Schafer y Stapf, 1978) (Lám. II,6). Dichos componentes se encuentran de forma caótica dentro de la matriz micrítica junto a gasterópodos y fragmentos vegetales calcitizados (tallos).

Las facies de calizas algales han sido descritas y estudiadas por numerosos autores, tanto en sedimentos lacustres actuales como antiguos (Mouline, 1966; Caudwell, 1968; Masse, 1972; Trichet, 1972; Freytet y Plaziat, 1972; Schafer y Stapf, 1978; Anadon y Zamarréño, 1981; Riding, 1983; Peryt, 1983; Nickel, 1983). Tanto en un caso como en otro, se han descrito diversos tipos de construcciones algales, en función de distintos factores como: energía del medio, aportes de terrígenos, corrientes de agua, etc. En general estas facies son interpretadas como formadas en las orlas litorales de los lagos y sistemas fluviales asociados a ellos. En la formación Gorafe-Huélago, las calizas algales (oncolíticas y laminadas) no presentan bases canalizadas y, en general, no se encuentran afectadas por procesos de pedogénesis. Estas facies, normalmente, están relacionadas con sedimentos carbonatados y no con terrígenos. Las bioconstrucciones algales predominantes encontradas en las calizas algales son fundamentalmente oncolitos cilíndricos (morfologías «encapsuladas»), típicas de ambientes palustres. Por todo ello estas facies corresponden a ambientes de

Lámina II.—1. Pelmicrita con textura «clotted». Huellas de raíces y pisoides. Escala=0,1 mm.—2. Micrita recristalizada con proceso de cementación «shrinkage» y formación de «ooid-craks». Escala=0,1 mm.—3. Micrita recristalizada con pseudomorfos lenticulares de yeso. Escala=0,1 mm.—4. Micrita con componentes micríticos tipo «ooid-crack». Escala=0,1 mm.—5. Pelmicrita algal de textura grumelar con componentes algales calcitizados. Escala=0,1 mm.—6. Colonia algal de tipo «fan-like». Escala=0,1 mm.—7. Biomicrita con algas caráceas. Escala=0,1 mm.—8. Biomicrita con gasterópodos. Escala=0,1 mm.

aguas someras con condiciones fóticas favorables y sus núcleos serían de naturaleza vegetal (tallos vegetales fragmentados).

«Calizas fosilíferas»

Son cuerpos de calizas bien estratificadas y con abundante fauna límnic (gasterópodos, caráceas, etc.). En ocasiones presentan un alto contenido en materia orgánica, dando olor fétido a la roca, así como colores grises. No son muy abundantes, presentándose en el sector N de la zona de estudio. No suelen alcanzar grandes potencias, oscilando éstas entre valores de 0,3 m. y 1,5 m. Se relacionan con otras facies carbonatadas (margas carbonosas, costras calcáreas, calizas nodulosas, calizas bioturbadas por raíces) en asociaciones de facies 4N, 5N, 1S y 2S (figs. 3 y 4). A techo pueden llegar a presentar procesos de exposición subaérea, con formación de facies palustres.

Petrográficamente son biomicritas con una gran diversidad de bioclastos, entre los que se distinguen gasterópodos, pelecípodos, algas caráceas, ostrácodos y construcciones algales (Lám. II, 7 y 8). No presentan rasgos de alteración diagenética temprana debida a pedogénesis. En general las condiciones de formación de estas microfacies denotan una baja energía del medio de sedimentación, donde los organismos se desarrollaban favoreciendo su posterior acumulación.

Las facies de calizas fosilíferas corresponden a facies lacustres, donde la actividad orgánica se hace patente por la alta proliferación de organismos y la sedimentación carbonatada se realizaría por debajo del nivel del agua dentro del lago, sin exposición subaérea.

«Calizas margosas homogéneas»

Se presentan en niveles bien estratificados de poca potencia, 0,3 m. y 1,5 m. No se han observado componentes deposicionales en estas facies calcáreas y se encuentran en relación a otras facies (limos, margas y margas carbonosas) en asociaciones de facies 4S (fig. 4). No son abundantes, presentándose fundamentalmente en el sector S de la zona de estudio. Estas facies se caracterizan por presentar en su composición minerales de la arcilla. No se observan procesos pedogenéticos que modifiquen la estructura primaria del sedimento, por lo que han sido interpretadas como un tipo más de facies lacustres formadas bajo la lámina de agua.

«Margas»

Son un grupo de facies muy abundantes desde el punto de vista cuantitativo. Normalmente presentan

una estructura masiva. Contienen una cierta cantidad de filosilicatos que oscila entre 15% y 40%. Los análisis realizados por Sebastián Pardo *et al.* (1975) sobre la fracción $<2\mu$ indican una composición de ilita, montmorillonita y paragonita, fundamentalmente y presentan de forma minoritaria caolinita, clorita, paligorskita y celestina. Según estos autores la ilita, caolinita, paragonita, clorita y montmorillonita tendrían un origen heredado siendo minerales detríticos, mientras que la paligorskita y parte de la montmorillonita serían minerales de neoformación. Asimismo, detectan la presencia de celestina y fluorita de neoformación proponiendo para la formación de estos minerales una cuenca endorreica alimentada por materiales detríticos. De esta forma los minerales heredados se depositarían en el borde de la cuenca y los minerales de neoformación en el centro de ella.

Secuencias de sedimentación lacustre

En la Formación de Gorafe-Huélogo se han diferenciado varios tipos de asociaciones de facies que caracterizan la sedimentación de dicha formación (fig. 5). Dichas asociaciones de facies pueden corresponder a secuencias elementales de sedimentación, reflejando una evolución continua desde la base hasta el techo, según una expansión o una retracción de la cuenca lacustre (Arribas, 1986). Otras veces, las asociaciones de facies reflejan evoluciones complejas en la sedimentación, debido a cambios físicos o químicos en los sistemas deposicionales, siendo en este caso secuencias mixtas de expansión-retracción.

En las asociaciones de facies en las que se han podido diferenciar episodios de sedimentación lacustre claros se han señalado las tendencias evolutivas de las secuencias (expansión, retracción, expansión-retracción, figs. 3 y 4). Sin embargo, en aquellas asociaciones de facies donde se observa la interferencia de más de un sistema deposicional (llanura lutítica, orla palustre) no se han señalado dichas tendencias, ya que no llega a configurarse una cuenca lacustre propiamente dicha.

Las secuencias de retracción son las más frecuentes en toda la formación de Gorafe-Huélogo y en particular en el sector N de la zona de estudio (asociaciones de facies: 2N, 3N, 4N, 5N, 2S y 10S). Presentan una misma evolución vertical según una desecación progresiva de la cuenca lacustre. Normalmente, una secuencia completa de retracción comienza con uno o dos términos lacustres (margas, calizas fosilíferas, calizas algales, etc.) caracterizados por la ausencia de procesos pedogenéticos y por mantener prácticamente intacta la textura inicial del sedimento. Sobre este término lacustre se apoya un término palustre carbonatado con un gran desarrollo de procesos diagenéticos tempranos (pedogénesis) como: bioturbación, formación de cantos negros, etc. Culminando la secuencia se

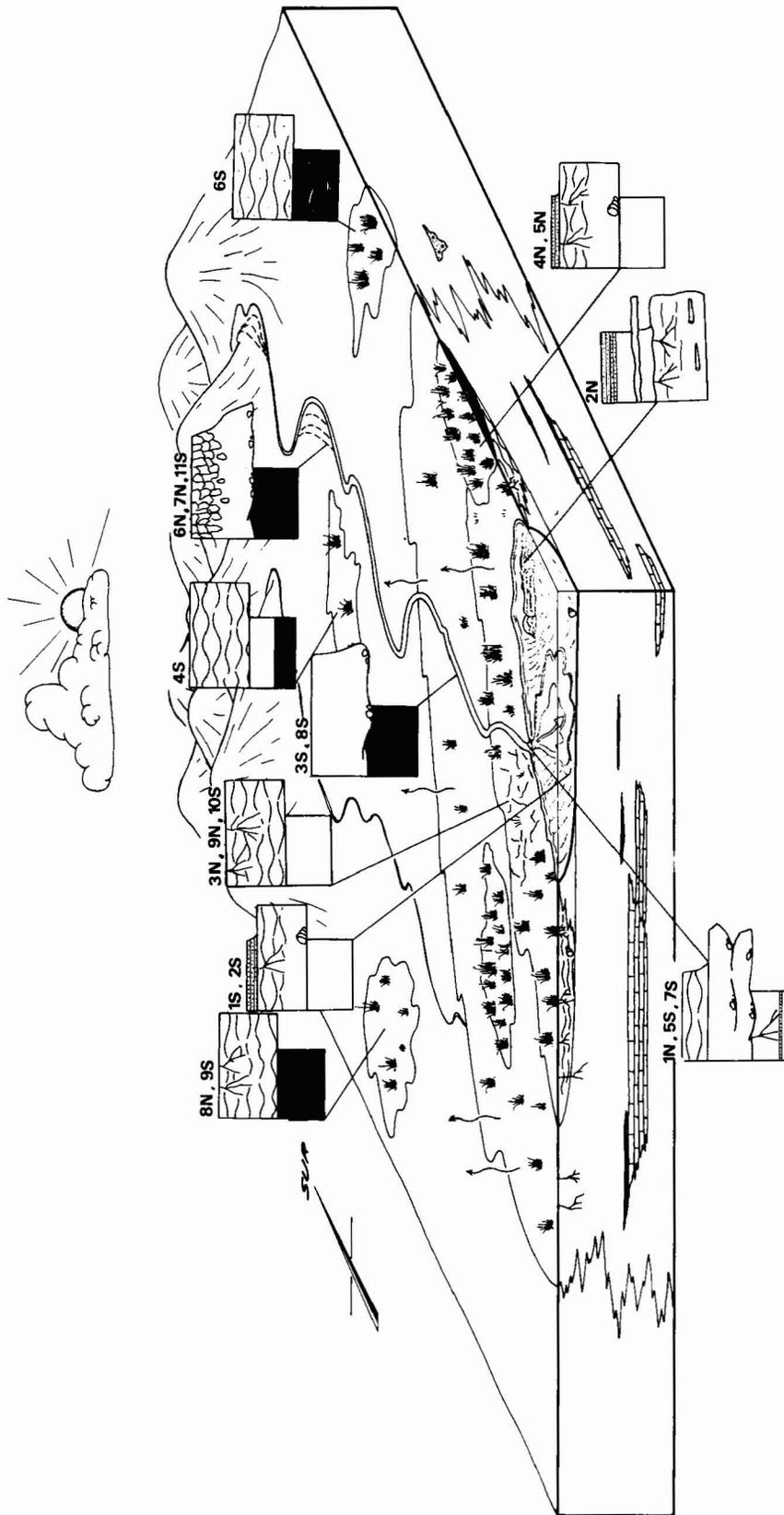


Fig. 5.—Reconstrucción paleoambiental para la formación Gorafe-Huélago.

encuentra un término palustre (margas carbonosas) de alto contenido en materia vegetal (carbón), que caracteriza zonas de «swamps» dentro de la orla palustre carbonatada (fig. 5). En general, las secuencias de retracción lacustre no se presentan completas, faltando algunos de los términos, pero la tendencia evolutiva es la misma en todas ellas.

Las secuencias de expansión no son tan frecuentes como las secuencias de retracción y únicamente aparecen representadas en el sector S de la zona de estudio (asociación de facies 4S). Presentan una evolución inversa a las secuencias de retracción, comenzando por términos palustres y terminando con términos fundamentalmente lacustres. La evolución es paulatina a lo largo de la secuencia pudiendo estar incompleta.

Las secuencias de expansión-retracción son relativamente abundantes en el sector S de la zona de estudio, estando integradas por dos episodios de sedimentación, uno inferior expansivo y otro superior retractivo. Reflejan descargas repentinas de material detrítico dentro de la cuenca lacustre, acompañadas de una subida del nivel del agua y una rápida desecación de dicha cuenca. El tránsito entre los dos términos es gradual, lo cual refleja una evolución paulatina en la sedimentación. En general, los episodios de expansión-retracción están relacionados con la entrada de material detrítico en la cuenca lacustre (asociaciones 1N y 5S), siendo el resultado de descargas detríticas repentinas junto a una subida del nivel del agua (fig. 5). Las expansiones van seguidas de un período retractivo con desecación progresiva y desarrollo de procesos de pedogénesis a techo de la secuencia.

Finalmente la actuación de las fracturas asociadas al accidente del negratín conlleva que las secuencias retractivas sean más abundantes en el sector norte (bloque levantado) y las expansiones lo sean en el sector sur (bloque hundido). En períodos de inactividad tectónica ocurriría la homogeneización en la distribución de facies y secuencias.

Conclusiones

A partir del estudio petrológico y sedimentológico de los materiales de la formación Gorafe-Huélogo se han diferenciado distintos tipos de facies que caracterizan los siguientes subambientes de sedimentación fluvio-lacustre: a) Llanura lutítica (limos, limos carbonatados y areniscas); b) Zonas de encharcamiento palustre (margas carbonosas); c) Orla palustre carbonatada (calizas bioturbadas por raíces, calizas nodulosas - paleosuelos, costras calcáreas y margas nodulosas); d) Zona lacustre (calizas algales, calizas fosilíferas, calizas margosas y margas).

Estas facies se ordenan en asociaciones de facies que marcarán la evolución sedimentológica de la formación. Las asociaciones de facies diferenciadas pueden corresponder a secuencias elementales de sedi-

mentación (expansión o retracción), o bien, pueden reflejar evoluciones en la misma (expansión - retracción).

Las secuencias de retracción se caracterizan por presentar a techo un aumento de procesos diagenéticos tempranos debidos a pedogénesis, que se traduce en: la formación de texturas «clotted», huellas de raíces, lenticulas de yeso, cantos negros, cementación «srhinkage», recristalización, etc. Dichas secuencias son muy frecuentes y abundantes en toda la zona de estudio, y en general en el sector N.

Las secuencias de expansión son muy escasas y aparecen en el sector S de la zona de estudio. Se caracterizan a su vez por presentar una evolución desde facies palustres en la base hacia facies lacustres a techo con ausencia de procesos pedogenéticos.

Las secuencias de expansión-retracción son abundantes en el sector S de la zona de estudio y se caracterizan por presentar dos episodios de sedimentación, uno inferior expansivo y otro superior retractivo. Reflejan descargas repentinas de material detrítico dentro de la cuenca lacustre, acompañadas de una subida del nivel del agua y una rápida desecación de dicha cuenca.

El análisis secuencial de los materiales de la formación Gorafe-Huélogo indica un mayor desarrollo de las facies lacustres (s.s.) en el sector N, con la presencia de: calizas algales, calizas fosilíferas, etc. Asimismo, en el sector S hay una abundancia de facies palustres con la presencia de: calizas bioturbadas por raíces, calizas nodulosas-paleosuelos, costras calcáreas, margas nodulosas, margas carbonosas, etc.

La distribución de las diferentes facies dentro de la zona de estudio permite establecer dos sectores claramente definidos en función del tipo de sedimentación (sector N y sector S). El sector N coincidiría con el bloque levantado del accidente del Negratín y sería en este sector donde se produciría una sedimentación fundamentalmente carbonatada con una gran diversidad de facies carbonáticas ordenadas en secuencias sedimentológicas retractivas.

Referencias

- Anadón, P. y Zamarreño, I. (1981). Paleogene Nonmarine Algal Deposits of the Ebro Basin, Northeastern Spain. In: Claude Monty, Ed. *Phanerozoic Stromatolites*. Springer-Verlag, Berlín, 140-154.
- Arribas, M. E. (1986). Petrología y Análisis Secuencial de los carbonatos lacustres del Paleógeno del sector N de la Cuenca Terciaria del Tajo. *Cuad. Geol. Ibérica*, 10, 295-334.
- Braithwaite, C. J. R. (1975). Petrology of Paleosols and other terrestrial sediments on Aldabra, Western Indian Ocean. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 273, B, 1-32.
- Calvet, F. y Julia, R. (1983). Pisoids in the Caliche Profiles of Tarragona (NE. Spain). In: Peryt, T.M., ed. *Coated Grains*, 455-473. Berlín, Springer-Verlag.
- Casas, J.; Peña, J. A. y Vera, J. A. (1975). Interpretación

- geológica y estratigráfica del yacimiento de la Solana del Zamborino. *Cuad. Prehist. Univ. Granada*, 1, 5-15.
- Caudwell, C. (1968). Restes végétaux mis en évidence dans les calcaires lacustres tertiaires d'Aquitains. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, 618-621.
- Cohen, A. (1982). Paleoenvironments of root casts from the Koobi Fora Formation, Kenya. *J. Sed. Petrology*, 52, 410-414.
- Esteban, M. (1974). Caliche textures and «Microcodium». *Supl. Boll. Soc. Geol. It.*, 92, 105-125.
- Esteban, M. (1975). Critique of the interpretation of the vadose pisolite facies as caliche. *Abstracts on «vadose pisolites»*.
- Estévez, A.; López-Garrido, A. C. y Sanz de Galdeano, C. (1976). Estudio de la deformación reciente en el sector del Negratín (Depresión de Guadix-Baza). *Reunión sobre la Geodinámica de la Cordillera Bética y el Mar de Alborán*. Univ. Granada, 165-192.
- Estévez, A. y Sanz de Galdeano, C. (1983). Neotectonique du secteur central des Chaînes Bétiques. Bassins de Guadix-Baza et Granada. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynam.*, 24, 23-34.
- Freytet, P. (1973). Petrography and Paléo-environment of Continental Carbonate deposits with particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc (Southern France). *Sedimentary Geol.*, 10, 25-60.
- Freytet, P. y Plaziat, J. (1972). Les constructions algaires continentales stromatolitiques, exemples pris dans le Crétacé Supérieur et le Tertiaire de France et d'Espagne du Nord. *24 Int. Congr. Géol. Montreal*, Section 7, 524-534.
- Freytet, P. y Plaziat, J. (1982). Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis. *Contributions to Sedimentology n° 11*, Schweizerbart-Verlagsbuch, 216 págs.
- Kauffman, E. G. y McCulloch, D. (1965). Biota of a late Glacial Rocky Mountain Pond. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, 1203-1232.
- Masse, J. P. (1972). Structures cryptalgaires libres dans un complexe carbonaté de plateforme: Les calcaires urgoniens (Barrémien) de Provence (Sud-Est de la France). *24th Int. Geol. Cong.*, Montreal, 572-585.
- Moulín, M. P. (1966). Importance et répartition paléogéographique des Cyanophyces dans le complexe fluvio-lacustre dit des «calcaires de Castres» (Tarn). *Act. Soc. Liñ. Bordeaux*, Ser. B. 103, 1-12.
- Nickel, E. (1982). Aluvial-fan. Carbonate facies with evaporites, Eocene Guarga formation, Southern Pyrenees, Spain. *Sedimentology*, 29, 761-796.
- Nickel, E. (1983). Environmental significance of freshwater oncoids, Eocene Guarga formation, Southern Pyrenees, Spain. In: *Coated Grains*. Springer-Verlag Berlín, 308-329.
- Peryt, T. M. (1983). Oncoids: Comment to Recent developments. En *Coated Grains*. Springer-Verlag Berlín, 273-275.
- Riding, R. (1983). Cyanoliths (Cyanoids): Oncoids formed by calcified Cyanophytes. In: *Coated Grains*. Springer-Verlag Berlín, 276-283.
- Ruiz-Bustos, A.; Sese, C.; Dabrio, C. J.; Peña, J. A. y Padial, J. (1984). Geología y fauna de micromamíferos del nuevo yacimiento del Plioceno inferior de Gorafe A (Depresión de Guadix-Baza). *Estudios Geol.*, 40, 31-241.
- Schafer, A. y Stapf, J. (1978). Permian Saar-Nahe basin and recent lake Constace (Germany): Two environments of lacustrine algal carbonates. *Spec. Publ. I.A.S.*, 2, 83-103.
- Sebastián Pardo, E. M.; García-Cervigón, A. y Rodríguez Gallego, M. (1975). Mineralogía y génesis de la formación Gorafe-Huélogo (Depresión Guadix-Baza, Granada). *Cuad. Geol.*, 6, 55-73.
- Staub, J. R. y Cohen, A. D. (1979). The Snuggedy Swamp of South Carolina: a back-barrier estuarine coal-forming environment. *J. Sediment. Petrol.*, 49, 133-144.
- Strasser, A. (1984). Black-pebble occurrence and genesis in holocene carbonate sediments (Florida Keys, Bahamas and Tunisia). *J. Sediment. Petrol.*, 54, 1097-1109.
- Vera, J. A. (1970). Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza. *Bol. Geol. Min.*, 81, 429-462.
- Von Drasche, R. (1879). Geologische Skizze des Hochges birgsteiles der Sierra Nevada in Spanien. *Bol. Com. Mapa Geológico de España*, 6, 353-388.

Recibido el 23 de noviembre 1987

Aceptado el 30 de abril 1988