

Variaciones sedimentarias durante el Eoceno medio en la sierra de Andía (Navarra).*

por L. LEÓN,** C. PUIGDEFÁBREGAS,** J. RAMÍREZ DEL POZO***

RESUMEN

Se establecen las peculiaridades litológicas y estratigráficas del Eoceno medio, en la sierra de Andía (Navarra). Se describen espectaculares ejemplos de estratificación cruzada, analizando los datos direccionales que aportan.

También se hace un estudio de las características de la cuenca y de su evolución. En primera aproximación se establece una correlación con los sedimentos más altos, estratigráficamente, de la sierra de Urbasa, situada más al Oeste.

ABSTRACT

In this paper, the stratigraphical and lithological characteristics of the Middle Eocene are established, in the Sierra de Andía (Navarra, Spain). Examples of the cross-stratification are described and the directional data analyzed.

A study of the basin evolution is elaborated. It is proposed a correlation with the youngest sediments of the Sierra de Urbasa, situated more to the West.

INTRODUCCIÓN

Durante una de las campañas de campo que se llevaron a cabo en la primavera de 1969, con motivo del Estudio Geológico que realiza la Diputación Foral de Navarra, uno de nosotros (L. L.) encontró algunos inmejorables ejemplos de estratificación cruzada en ciertos parajes de la sierra de Andía (Navarra), al intentar establecer la estratigrafía de la Hoja núm. 140, Estella.

Los niveles afectados pertenecen al Eoceno medio, que en esta zona parecen corresponder a lo que MANGÍN (1959) denomina como "niveaux de transition", de discutida asignación estratigráfica y de gran complejidad litológica.

Los estudios micropaleontológicos, estratigráficos y cartográficos llevados a cabo en áreas adyacentes a la reseñada habían puesto, ya, de manifiesto como, al

menos, cierta parte de estos "niveaux de transition" podían tener una edad biarritzense y por tanto ser cronológicamente similares a la base de las llamadas "margas azules" de Pamplona.

Planteados así los problemas era de enorme interés para nosotros comprobar estos hechos y el hallazgo de niveles con estratificación cruzada nos podía servir para establecer unos principios de carácter sedimentológico que ayudasen a reconstruir, en parte, la evolución de la cuenca y a explicar las variaciones litológicas existentes en la parte alta del Eoceno medio de Navarra.

ESTRATIGRAFÍA

La zona (fig. 1) presenta en gran parte materiales de edad eocena en los que hemos distinguido cuatro tramos importantes y que podemos enumerar y definir como sigue:

- A) Calizas basales, calcarenitas bioclásticas gruesamente estratificadas; inmediatamente encima de la serie paleocena o del Cuisiense, muy continuas y con un espesor de unos 50 metros (Luteciense inf. y medio). Constituyen la base de la transgresión Luteciense en la zona.
- B) Calizas calcareníticas bioclásticas, estratificadas en bancos gruesos, y que difieren de las anteriores esencialmente por sus asociaciones faunísticas (Luteciense medio - superior).
- C) Calcarenitas gruesas, glauconíferas, margosas, estratificadas en lechos finos y con niveles de estratificación cruzada (Luteciense superior - Biarritzense).
- D) Serie alternante, formada por bancos duros de calcarenitas bioclásticas y niveles margosos arenosos. Las secuencias son predominantemente margosas o calcareníticas según las zonas. El detalle de esta serie puede seguirse en las columnas de la fig. 2

* Un avance en este trabajo fue presentado a la V Reunión del Grupo Español de Sedimentología (Pamplona, Zaragoza, octubre 1969).

** Investigación Geológica de Navarra, Diputación Foral de Navarra (Pamplona).

*** Laboratorio de Estratigrafía y Micropaleontología de CIEPSA (Vitoria).

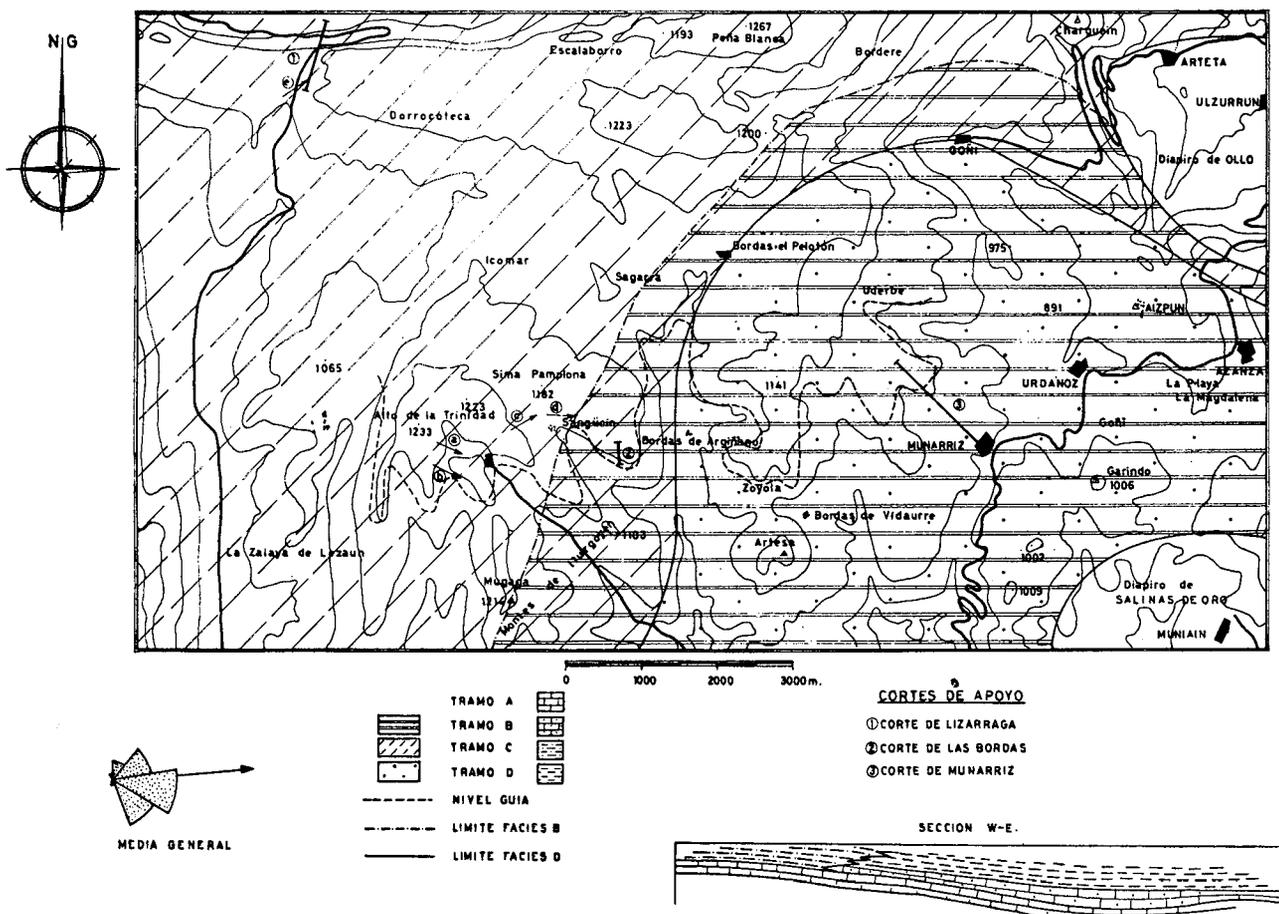


FIG. 1. — Mapa geológico de la sierra de Andía.

(Luteciense superior - Biarritzense). Este tramo se apoya siempre sobre la unidad B.

Dada la continuidad en este área del nivel A, los problemas quedan circunscritos a los B, C y D.

En nuestras primeras observaciones pudimos comprobar cómo el tramo B estaba coronado en unos casos por el D y en otros por el tramo C y que asimismo en la parte más occidental de la zona era el tramo C el que descansaba sobre los niveles de A directamente. Este hecho implicaba la existencia de discordancias o bien un cambio de facies entre los niveles B y C, y C y D.

Los estudios estratigráficos detallados nos llevaron a la conclusión clara de que no existían discordancias por lo que había que pensar en variaciones litológicas para explicar los hechos. Asimismo los trabajos cartográficos dieron suficientes datos como para corroborar esta idea. Un nivel guía ya distinguido por KIND (1967) fue seguido detalladamente y observado su paso a la parte alta del tramo C, comprobándose el cambio de facies por encima y por debajo de este nivel, de E a W (serie alternante → calcarenitas).

Este fenómeno queda reflejado claramente en el esquema que acompaña a la fig. 1.

Asimismo y a fin de tener una comprobación micropaleontológica correcta se han efectuado pequeños cortes en la serie C y correlacionando con los de la serie D cuyos resultados son dados a conocer esquemáticamente a continuación.

Datos litológicos y micropaleontológicos

Acompañamos en este trabajo tres secciones estratigráficas correspondientes a la zona (fig. 2).

La litología del corte denominado "Las Bordas" es muy monótona, como se observa en la columna. A la lupa casi todo el conjunto puede considerarse como formado por calcarenitas bioclásticas, a veces muy gruesas, con glauconita.

Una determinación microscópica nos da para la mayoría de los ejemplares la clasificación de micritas y biogravelmicritas, a veces arenosas. Es muy curiosa la existencia de abundantes especies faunísticas muy fragmentadas.

Claramente se han podido distinguir: *Asterodiscus*, *Eorupertia magna*, *Discocyclina nummulítica*, *Nummulites variolaris*; así como numerosas sec-

ciones de: *Cibicides*, *Globigerinidos* (raros), *Gyroidina*, *Lenticulina*, *Nodosaria*, *Quinqueloculina*, *Valvulina*, *Briozos*, *Lithothamnium*.

Esta asociación es propia de una zona de depósito nerítico (interior de la plataforma continental) (30-60 m).

ESQUEMA DE CORRELACION

SITUACION DE LOS CORTES EN FIGURA 1
ESCALA DE LAS COLUMNAS 1:1000

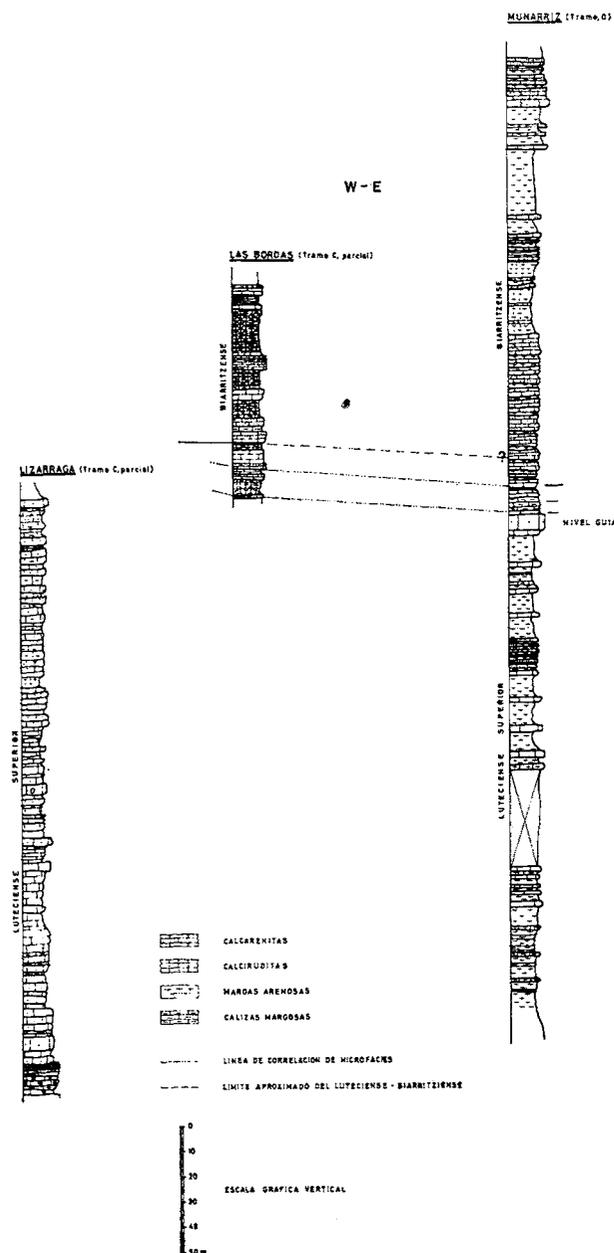


Fig. 2. — Correlaciones litostratigráficas.

La sección correspondiente al perfil de "Munárriz" es mucho más variada. Junto a tramos muy similares litológicamente a los del corte anterior, se

encuentran abundantes intercalaciones margosas con faunas correspondientes a zonas de mayor profundidad.

Concretamente se han encontrado entre otros, los siguientes foraminíferos planctónicos: *Globigerina parva*, *G. venezolana*, *G. yeguaensis*, *Globigerapsis kugleri*, *Catapsidrax echinatus*, *Hastigerina micra*, y entre los bentónicos: *Anomalina cf. abuillotensis*, *Cibicides carrascalensis*, *C. granosus*, *C. lobatulus*, *C. pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Clavulina parisiensis*, *Chrysalogonium longi costatum*, *Chilostomella cilindroides*, *Chilostomelloides oviformis*, *Ellipsonodosaria verneuli*, *Eponides carolinensis navarraensis*, *Gaudryina quadrilatera*, *Gyroidina quadrilatera*, *G. soldanii*, *Karreriella halkyardi*, *Marginulina behmi*, *M. fragaria*, *Nodosaria longiscata*, *N. soluta*, *Pseudoglandulina cf. manifiesta*, *Pullenia quinqueloba*, *Saracenaria arcuata*, *Textularia recta*, *T. speyeri*, *Tritaxilina pupa*, *Vulvigerina curta*, *Vulvulina nummulina*.

La parte inferior al nivel guía no pudo ser cortada, por razones topográficas, en el perfil de "Las Bordas", pero fue observada ampliamente en los sectores adyacentes especialmente en "Alto de la Trinidad".

Sólo se ha podido marcar el límite entre Lutecienso y Biarritzense con cierta aproximación. Gran parte de la columna de "Las Bordas" es Biarritzense con seguridad, para la de "Munárriz", al menos la parte alta, es Biarritzense, y la parte baja, Lutecienso superior, pero no se ha podido fijar el paso de uno a otro en un intervalo de unos pocos metros de corte.

ANÁLISIS DE LA ESTRATIFICACIÓN CRUZADA

Descripción

Se pueden distinguir en el tramo C, dos tipos de estratificación cruzada localizados respectivamente en el Alto de la Trinidad y en el Puerto de Lizarraga.

El primero, por sus dimensiones, es el más espectacular puesto que los *sets* alcanzan y superan los 300 metros de longitud, rozando en las zonas de mayor amplitud, a los 3 metros de altura.

Los *foresets* tienen un grosor de 10-15 cm, en su desarrollo lateral son perfectamente planos (fig. 4, 5) y siempre netamente asintóticos en la base, dando lugar a un *botomset* de estratificación paralela, a veces ligeramente margoso. Raramente ocurre que los *sets* se erosionen entre sí, es decir, por lo general están separados por capas paralelas (fig. 3).

Longitudinalmente, la pendiente de los *foresets* varía de los 8° a 16°, aumento que se produce en la dirección de la corriente; la forma asintótica se alcanza de un modo extremadamente gradual (fig. 5).

En la zona de Lizarraga, las características son similares pero las dimensiones mucho menores, siendo la longitud de los *sets* del orden de los 50 metros



Figura nº 3



Figura nº 4

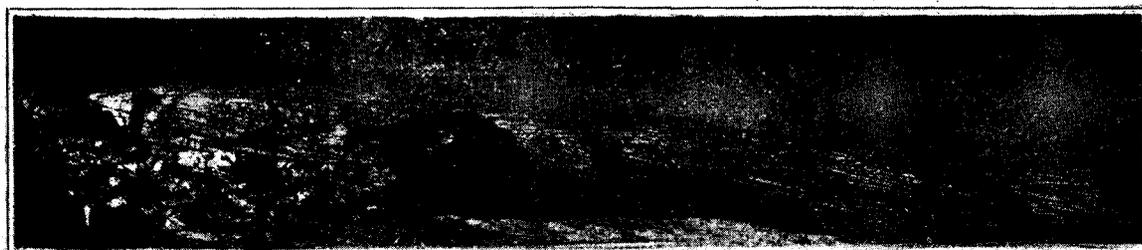


Figura nº 5



Figura nº 6

CALCARENITAS KARSTIFICADAS
EN LA SIERRA DE ANDIA (Navarra)
MOSTRANDO SU ESPECTACULAR
ESTRATIFICACION CRUZADA.

o menos; los *foresets* son de grosor parecido y su pendiente del mismo orden, siendo siempre perfectamente asintóticos.

En algún caso (fig. 6), donde el corte es oblicuo a la dirección de la corriente, se observa cierto *chan-nelling*. Es posible que esta característica exista también en el Alto de la Trinidad aunque enmascarada por las dimensiones.

También existen, aunque muy raramente, *sets* de pequeñas dimensiones (30 cm) aislados entre capas paralelas.

Las características morfológicas son muy similares en los dos casos descritos y la única diferencia está en las dimensiones.

Algunas de estas características (la poca pendiente de los *foresets* y su base muy tangencial, presencia de granos gruesos en el *botomset*, tamaño general de la estructura) hacen pensar en corrientes bastante fuertes (JOPLING, 1966). Asimismo las dimensiones de los *sets* corresponden a la batimetría indicada por la microfauna (20-40 metros).

Por otra parte, la disposición independiente de los *sets*, dejando lugar a capas paralelas entre ellos, hace pensar en que si bien el fenómeno es de gran amplitud, la causa que lo provoca es más bien esporádica.

Todo ello parece indicar un origen basado en la inestabilidad general de la cuenca que daría lugar, en ciertos momentos, a la puesta en marcha de un sistema de *foresets*.

No conocemos en la bibliografía sobre el tema ninguna descripción de fenómeno análogo, ni está tampoco muy claro qué tipo normal de corriente marina puede originarlo.

Datos direccionales

Las observaciones se han tomado, sobre cinco estaciones, cuatro en las proximidades del Alto de la Trinidad y otra en las del puerto de Lizarraga. El número total de mediciones es de 235.

Se ha calculado el "vector medio" (REICHE, 1938; POTTER y PETTIGORN, 1963); una expresión aproximada de éste se ha indicado en la fig. 1, en la zona correspondiente a cada estación. En esta misma figura se incluye la representación del conjunto de todos los datos con su vector medio, en forma de "rosa de corrientes".

Se deduce cómo hay un claro predominio de corrientes de sentido NW-SE, que es más próximo al W-E si se considera la media general.

Hay que hacer resaltar el hecho de que el vector medio no es sino una expresión de la concentración o dispersión de los azimuts de cada medición. Cuanto mayor es su longitud, más concentrados están los polos. Vectores cortos indican dispersión. Al usar este factor en tantos por ciento los datos son comparables independientemente del número de polos de cada estación. En este sentido es de notar cómo el vector calculado alcanza valores elevados en todos los casos, por lo que aunque el número de observaciones por estación no es muy elevado en cifras absolutas, resulta suficiente a la vista de los resultados.

CARACTERÍSTICAS Y EVOLUCIÓN DE LA CUENCA

La facies del tramo C es la más occidental y claramente corresponde a un ámbito sedimentario más próximo a la costa que las otras. El corte de Lizarraga nos dio para la mayoría de estas rocas la clasificación de intrabiosparitas, en general gruesas, con glauconita y esporádicamente la de biomicritas, que casi siempre contienen pellets, o restos de cuarzo.

Admitimos para estas facies una zona de sedimentación nerítica de poca profundidad, con niveles de energía de altos a medios, aunque ocasionalmente puedan presentarse etapas con niveles de medio a débil. Según comunicación verbal de nuestro compañero A. CARBAYO, más al W, en la sierra de Urbasa, hay sedimentos de edad Biarritzense que pueden considerarse como la equivalencia de este tramo. Consisten en arenas y conglomeradillos, muy sueltos, con largos "ripple marks" y fauna escasa, aunque indudablemente marina. Están coronados por calizas arrecifales con *Discocyclus nummulitica* en la base, y más al W pasan lateralmente a arenas. La profundidad de agua del medio es pequeña y cada vez menor hacia el techo del arrecife.

KIND (1967), atribuye a este tramo una edad Eoceno superior y para MANGÍN (1960), los materiales detríticos pertenecen al Oligoceno continental.

A partir del tramo C pueden diferenciarse los dos siguientes B y D.

El ámbito de la facies B está caracterizado, como ya dijimos, por calizas calcareníticas bioclásticas, groseramente estratificadas y cuya descripción petrográfica exacta puede ser la de: biomicritas y biointramicritas predominantes sobre biosparitas. Se encuentran aún tramos con glauconia y otros muy detríticos con cuarzo. Se trata por tanto, de unidad depositada en un medio ligeramente más profundo que el anterior, con un nivel energético menor en el que, por tanto, se dan rocas con un lavado menor.

Sobre el terreno no ha podido ser seguido el paso de unos materiales a otros a lo largo de un lecho, pero se observa claramente al W y E del vértice Murgaga, ya que al W del mismo desaparece completamente el tramo B. Por último hay que indicar que se observa un ligero aumento de espesor de esta unidad en sentido W-E.

La naturaleza de los sedimentos junto con las asociaciones faunísticas nos señalan un ambiente sedimentario, el de la zona nerítica interna de la cuenca, con ligeras etapas de una profundidad aún menor.

El tramo D corresponde como ya se ha dicho, a una formación litológica más variada en la que nos interesa destacar la presencia de las margas. En las rocas carbonatadas se puede distinguir un grupo de biomicritas y otro de biointramicritas, ambas con cierta cantidad de cuarzo (limo). Las primeras son predominantes en la parte baja de la serie y las segun-

das en la alta y asimismo es más importante la cantidad de cuarzo en forma de arena fina.

En los alrededores de Azanza y Munárriz las margas son similares a las que aparecen en la base de la serie de "Margas azules de Pamplona" en los sectores más orientales.

Desde un punto de vista evolutivo del proceso sedimentario se puede ver cómo a partir del depósito de la facies A hay una mayor movilidad de la cuenca, quizá debida a un basculamiento que levantó la parte occidental, donde se depositan los materiales más someros, en un medio agitado (glaucónita) y con corrientes fuertes (estratificación cruzada). Simultáneamente y a partir del vértice Mugaga la cuenca es más profunda y esta profundidad debe aumentar durante el Luteciense superior y Biarritzense. A la vez parece que se intuye un cierto desplazamiento del eje de ésta, pues el paso de las facies calcareníticas a las margosas se hace, a medida que pasa el tiempo en zonas más orientales.

El aumento de espesor observado en el tramo B, en las proximidades de los diapiros de Ollo y Salinas de Oro, puede estar en relación con un abombamiento del fondo marino en esa zona, producido por el empuje de los materiales diapíricos. Esto no modificaría sustancialmente la batimetría del área, pero sí crearía un fondo con pendiente lo suficientemente grande como para impedir el depósito, con lo que habría una mayor concentración de materiales en las áreas adyacentes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J. R. L. (1963): The classification of cross stratified units, with notes on their origin. *Sedimentology*, v. 2.
- BOERSMA, J. R. (1967): Remarkable types of mega crossstratification in the fluvial sequence of a subrecent tributary of the Rhine. Amerongen; the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 46e jaargang, nr, 6, Jun. 1967, pp. 217-235.
- BOLLI, H. M. (1957): Planktonic Foraminifera from the Eocene Navet and San Fernando Formations of Trinidad. *B. W. I., U. S. Nat. Mus. Bull.*, 215, pp. 155-172, láminas 35-39.
- BOLLI, H. M. (1966): Zonation of Cretaceous to Pliocene Marine Sediments based on Planktonic Foraminifera. *Bol. Inf. As. Ven. Geol. Min. Petr.*, n.º 9, 1, pp. 3-32.
- CAREZ, M. (1881): *Étude des terrains tertiaires et crétacés du Nord de l'Espagne*. París.
- COLOM, G. (1945): Estudio preliminar de las microfaunas de foraminíferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra. *Est. Geol.*, n.º 2, pp. 33-84. Madrid.
- GÓMEZ LLUECA, F. (1929): Los Nummulítidos de España. *Junta Ampl. Est. Inv. Cient.*, Mem. 36. Madrid.
- HOTTINGER, L. (1960): Recherches sur le Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. *Mém. Suisses Pal.*, vol. 75-76, 243 p., 18 lám., 1 tabla.
- HOTTINGER, L., y SCHAUB, H. (1961): División en pisos del Paleoceno y del Eoceno. *Notas y Com. I. G. y M. de España*, n.º 61, pp. 199-234. Madrid.
- JOPLING, A. V. (1966): Some principles and techniques used in reconstructing the hydraulic parameters of a Paleoflow Regime. *Journal of Sedimentary Petrology*, V, 36, n.º 1.
- KAASSCHIETER, J. P. H. (1961): Foraminifera of the Eocene of Belgium. *Inst. Royal Sc. Nat. de Belgique*, Mém. 147, 271 p., 16 lám. Bruselas.
- KIND, H. D. (1967): Diapire und Alttertiär im südöstlichen Baskenland (Nordspanien). *Beich., Geol.*, J. B. T. 66, Hannover, 1967.
- MANLIN, J. PH. (1959-60): Le Nummulitique sud-Pyrénéen a l'Ouest de l'Aragon. *Pirineos*, núms. 51-58, 631 p. Zaragoza.
- NEUMANN, M. (1958): Révision des Orbitoïdides du Crétacé et de l'Eocène en Aquitaine occidentale. *Soc. Géol. France*, Mém. 83, 174 p., 36 lám. París.
- POTTER, P. E., PETTIJON, F. J. (1963): Paleocurrents and Basin Analysis. *Springer Verlag*. Berlín, 1963.
- REICHE, P. (1938): An analysis of cross-lamination of the Coconino sandstone. *I. Geol.*, 44, 905-932.
- RUIZ DE GAONA, M., y COLOM, G. (1950): Estudio de las sinecias de los foraminíferos eocénicos en la vertiente meridional del Pirineo (Cataluña-Vizcaya). *Est. Geol.*, n.º 12, pp. 293-438. Madrid.
- SCHIEDEGGER, ADRIAN E., y EDWIN POTTER, PAUL (1967): Bed Thickness and Grain size: Cross-Bedding. *Sedimentology*, V, 8, pp. 39-44.
- WILLIAM, G. E. (1966): Planar cross-stratification formed by the lateral Migration of Shallow Streams. *Journal of Sedimentology Petrology*, V, 36, n.º 3, 1966.