

SEDIMENTACION RITMICA EN EL PALEOGENO DE ALMENARA DE TORMES (Salamanca) *

G. ALONSO GAVILÁN**

I. CORRALES**

A. CORROCHANO**

RESUMEN.—Se ha realizado un exhaustivo levantamiento de series en los escarpes paleógenos de Almenara de Tormes (Salamanca). El estudio sedimentológico de dichos depósitos, ha permitido reconocer los distintos ritmos y su carácter tipo "fining upward", así como el medio de abanico aluvial en que se formaron.

La correlación de las distintas series y la variación lateral de los ritmos dieron como resultado la evolución de los principales canales.

SUMMARY.—A thorough study of the Paleogene of Almenara de Tormes (Salamanca) has been carried out. The sedimentological analysis of these deposits has made it possible to recognize the different rhythms and their fining upward character as well as the alluvial fan environment where they were deposited.

The evolution of channels can be inferred from the correlation of various series, and lateral variations of their rhythms.

INTRODUCCION

Situados en la provincia de Salamanca, en el término de Almenara de Tormes, se hallan estos sedimentos terciarios, de edad Eoceno Inferior (JIMÉNEZ, 1970).

En un intento de controlar las variaciones de los ritmos que originan los escarpes en la margen derecha de Tormes, entre Valverdón y Almenara de Tormes, se han realizado un gran número de series estratigráficas (Figuras 1 y 2).

DESCRIPCION DE LAS SERIES

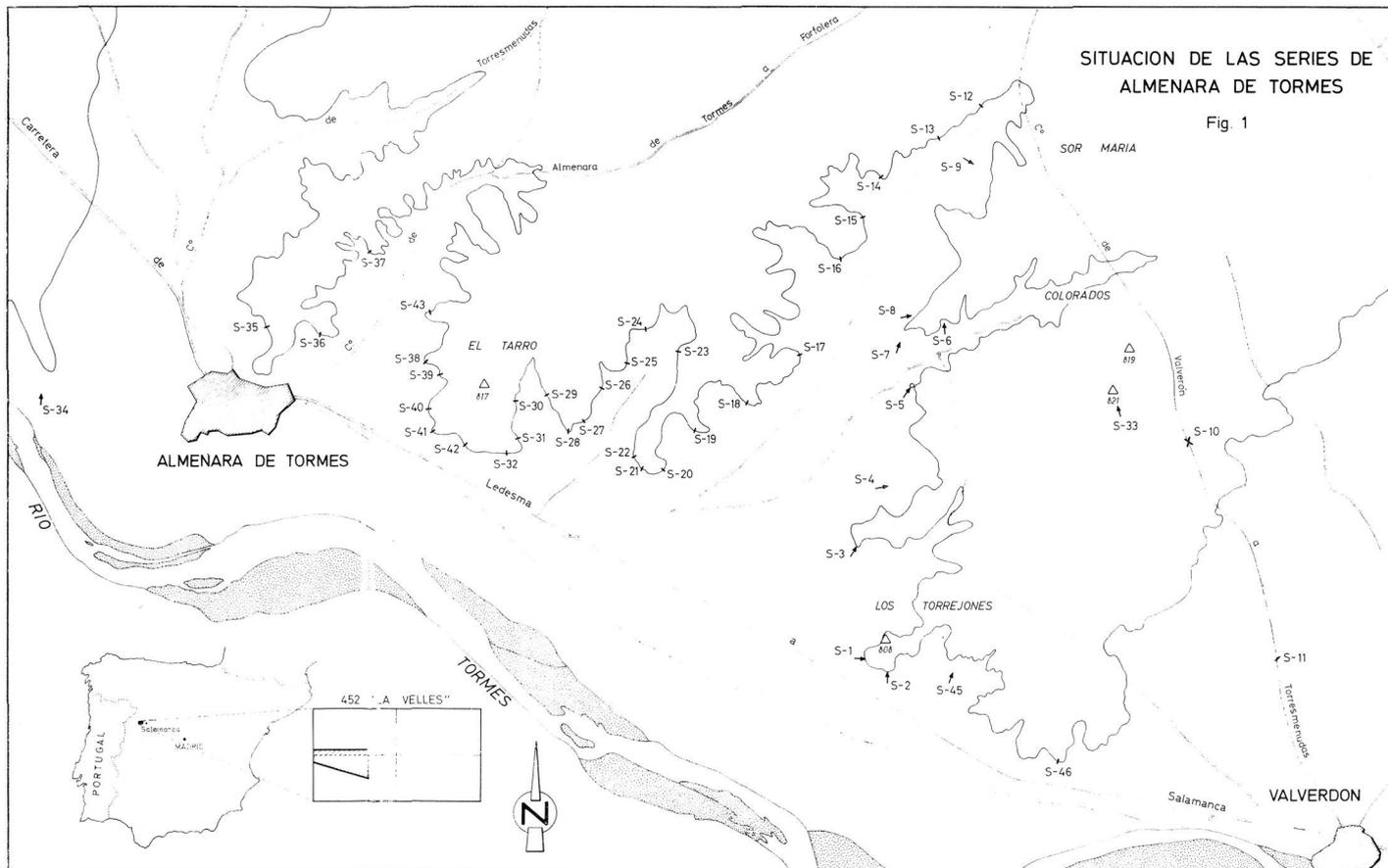
Dada la gran monotonía, se ha realizado una selección, eligiendo tres de las más representativas para su descripción y de ellas se ha muestreado una.

* Trabajo realizado dentro del Programa de Ayuda a la Investigación.

** Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.

SITUACION DE LAS SERIES DE
ALMENARA DE TORMES

Fig. 1



Esta elección no se ha realizado al azar sino teniendo en cuenta su posición geográfica y características.

SERIE S-19 (Figs. 1, 2 y 8).

Situación: "El Tarro". De muro a techo se observa la siguiente sucesión de materiales:

- 1.—1,75 m. visibles de arenisca de grano muy fino de color rosáceo.
- 2.—1,25 m. de arenisca de grano fino semejante a las anteriores en las cuales aumenta el tamaño y número de cantos. Superficie de erosión en el techo.
- 3.—1,50 m. de arenisca de grano medio con cantos, bien calibrada.
- 4.—0,30 m. de arenisca de grano medio con cemento ferruginoso. Pasa gradualmente al tramo 5.
- 5.—1,50 m. de arenisca de grano fino, color blanco-rojizo.
- 6.—0,50 m. de arenisca de grano fino, color beige. Contacto erosivo con el tramo siguiente.
- 7.—3,50 m. de arenisca conglomerática, cantos heterométricos de cuarzo, cantos blandos. Paleocauces bien visibles con granoselección.
- 8.—0,90 m. de arenisca de grano medio, con cemento silíceo.
- 9.—0,75 m. de arenisca de grano grueso.
- 10.—0,30 m. de arenisca de grano muy fino. Superficie de erosión en el techo.
- 11.—0,50 m. de conglomerado, color blanco rojizo, cantos heterométricos y cantos blandos en el muro.
- 12.—0,50 m. de arenisca de grano fino, cemento silíceo.
- 13.—0,50-1 m. de arenisca de grano muy fino, color beige. Superficie de erosión en el techo.
- 14.—3,50 m. de conglomerado, blanco rojizo. Estratificación cruzada y laminación paralela.
- 15.—0,50 m. de arenisca de grano grueso a medio, cemento ferruginoso.
- 16.—0,60 m. de arenisca de grano muy fino, cantos blandos, rodeados de una película de óxido de hierro.
- 17.—0,50 m. de arenisca de grano muy fino.

SERIE S-32 (Figs. 1 y 2).

Situación: "El Tarro". De muro a techo se observa la siguiente sucesión de materiales:

- 1.—0,75 m. visibles de arenisca de grano medio, color pardo-amarillentas.
- 2.—0,50 m. de arenisca de grano fino, blanco-rosáceo, con cantos de cuarzo. Superficie de erosión en el techo.
- 3.—2 m. de arenisca de grano fino, con cantos blandos, y lentejones de material muy fino.
- 4.—1,75 m. de arenisca de grano muy fino, con láminas de carbonatos y cantos blandos. Superficie de erosión en el techo.

- 5.—1,75 m. de arenisca de grano medio, color blanco-rojizo. Presenta granoselección y laminaciones paralelas. En el muro tiene cantos blandos.
- 6.—1,25 m. de arenisca de grano muy fino, color beige. Superficie de erosión en el techo.
- 7.—2,25 m. de arenisca conglomerática, cemento silíceo. Pasa gradualmente a 0,5 m. de arenisca de grano fino.
- 8.—0,5 m. de arenisca de grano muy fino, color beige, con cantos blandos. Superficie de erosión en el techo.
- 9.—1,25 m. de conglomerado, blanco-rojizo, cantos heterométricos de cuarzo y cuarcita, abundantes cantos blandos en el techo.
- 10.—0,5 m. de arenisca de grano muy fino, color beige-rojizo, cantos blandos. Superficie de erosión en el techo.
- 11.—1,75 m. de conglomerado blanco-rojizo.
- 12.—1 m. de arenisca de grano muy fino. Superficie de erosión en el techo.
- 13.—3,5-4 m. de conglomerado blanco-rojizo, con lentejones de arenisca de grano muy fino y cantos blandos en la mitad del banco. Estratificación cruzada, laminaciones paralelas y paleocauces.

SERIE S-45 (Figs. 1 y 2).

Situación: "Los Torrejones". De muro a techo la sucesión de materiales es la siguiente:

- 1.—0,30 m. visibles de arenisca de grano muy fino. Superficie de erosión en el techo.
- 2.—1,25 m. de arenisca conglomerática de grano grueso.
- 3.—0,5 m. de arenisca de grano fino, con características similares al tramo 3.
- 4.—1 m. de arenisca de grano muy fino, color beige-blanquecino, con numerosos cantos blandos en la base. Superficie de erosión en el techo.
- 5.—2-2,5 m. de arenisca conglomerática, blanca. Cantos blandos en la base, granoselección y laminaciones paralelas.
- 6.—0,5 m. de arenisca de grano muy fino, blanca.
- 7.—0,5 m. de arenisca de grano muy fino, color beige, cantos blandos. Superficie de erosión en el techo.
- 8.—1,5 m. de conglomerado, blanco-rojizo, cantos heterométricos de cuarzo y de cuarcita, llegando algunos hasta tres cms. de longitud. Granoselección, estratificaciones cruzadas y cantos blandos.
- 9.—0,5 m. de arenisca conglomerática de grano grueso, granoselección hacia el techo.
- 10.—1,35 m. de arenisca de grano muy fino, color beige y cantos blandos. Superficie de erosión en el techo.
- 11.—1,25 m. de conglomerado blanco-rojizo que pasa gradualmente a una arenisca de grano grueso.
- 12.—1 m. de arenisca de grano fino.
- 13.—1 m. de arenisca de grano muy fino. Superficie de erosión en el techo.
- 14.—2,25 m. de conglomerado masivo.
- 15.—1 m. de arenisca conglomerática.

El exhaustivo número de series levantadas (Figs. 1 y 2), ha permitido una correlación perfecta de todos los ritmos detríticos, tomando como nivel guía la arenisca conglomerática del tramo 7 de las series S-19 y S-32, y el tramo 5 de la serie S-45, que ocasiona el primer resalte que se observa en el campo.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Composición textural.—Los datos granulométricos, han sido representados en función de los tamaños de las fracciones, grava, arena y limo más arcilla; para la S-19 se puede ver en la Fig. 8 esta relación litológica al lado de las gráficas parámetros-espesor.

Curvas acumuladas.—(Figs. 3, 4, 5 y 6). Revelan la existencia de una fracción gruesa importante, así como una fracción media de igual importancia, siendo la fracción fina la menos abundante.

Empleando los criterios de separación de las distintas poblaciones descritas por Moss (1972), se han calculado los puntos de inflexión de estas curvas (Tabla I); los valores para el límite entre las poblaciones B y C se en-

TABLA I

Muestra	Populación C y B	%	Populación A y C	%
S-1	+ 4	99		
S-2	+ 4,25	98,5	—0,5	15
S-3	+ 4,3	94		
S-5	+ 4,2	95,5		
S-6	+ 4,2	95,25		
S-7	+ 4,3	95,5		
S-8	+ 3,30	93,0		
S-9	+ 4,5	91,5		
S-11	+ 4,5	97,4	+0,5	13
S-12	+ 4,5	91,5	+1,8	32
S-14	+ 4,6	99,25		
S-15	+ 2,8	91,0		
S-16	+ 4,5	98,75	—0,5	1,5

cuentran entre $+ 4,6 \phi$ y $+ 2,8 \phi$, siendo los valores de las frecuencias siempre superiores al 90 %. Para el límite de las poblaciones A y C, estos valores varían entre $-0,50 \phi$ y $-1,8 \phi$ siendo la frecuencia siempre inferior al 20 %.

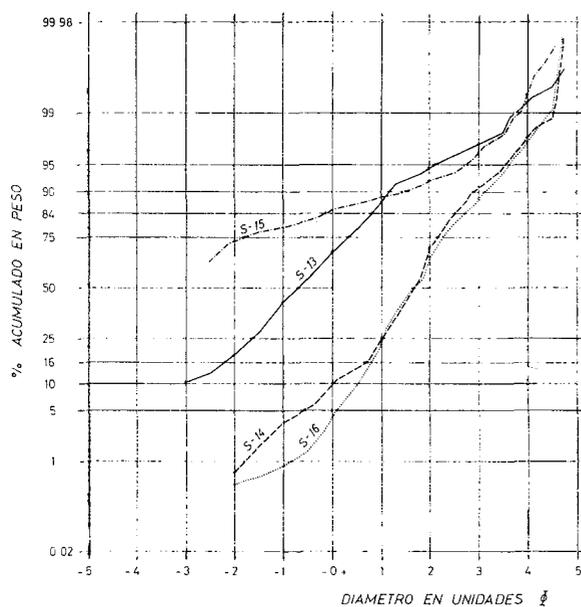


FIG. 3

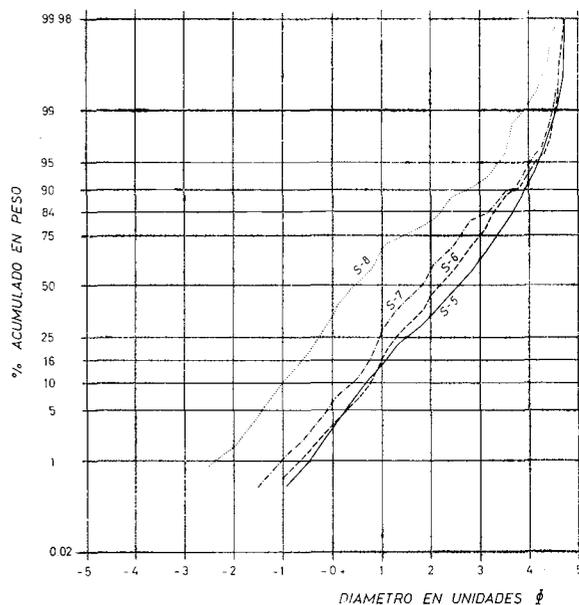


FIG. 4

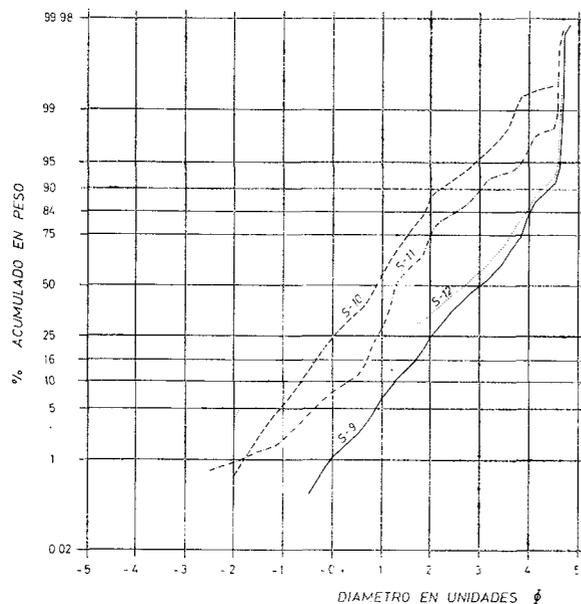


FIG. 5

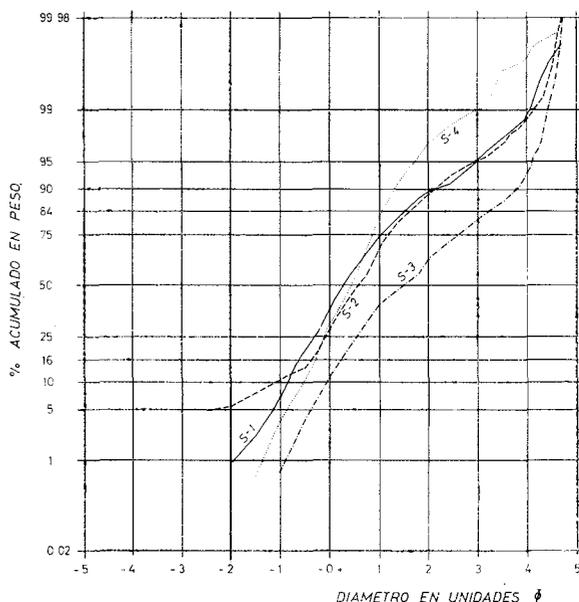


FIG. 6

Curvas acumulativas de Almenara de Tormes

Estudio y relación de los parámetros estadísticos.—Para obtener los valores de estos parámetros estadísticos se han empleado las expresiones dadas por FOLK y WARD (1957), para la medida de la tendencia central, desviación standard, skewness y kurtosis.

De la relación entre sí de estos parámetros (Fig. 7) se desprende:

A) Que para los valores de las medianas inferiores a 1 ϕ , el porcentaje de limos-arcillas es superior al 20 % (Fig. 7 A).

B) Que debido a la concentración de las muestras en la línea 0,0 de skewness hacia los valores positivos de las medianas, se deduce que a valores pequeños de la mediana corresponden curvas asimétricas (Fig. 7 C).

C) De la relación entre la kurtosis y la mediana se observa que casi todas las curvas son mesokúrticas cuando la mediana es de pequeño tamaño.

Para la representación gráfica se ha tomado el valor de la kurtosis gráfica dada por FOLK y WARD (op. cit.), debido a que normaliza las curvas (Fig. 7 D).

D) La relación entre el skewness y sorting, indica una nube de puntos concentrada en la zona de clasificación pobre con tendencia a curvas de asimetría negativa (Fig. 7 E).

E) De la relación entre la kurtosis y el skewness, se deduce que las muestras dan curvas con ligera asimetría negativa (Fig. 7 F).

Gráficas parámetros-espesor.—Los ritmos observables en las columnas estratigráficas (Fig. 2), se manifiestan claramente en las gráficas correspondientes a la serie S-19 (Fig. 8). Son cinco ritmos, concluyendo la serie con el comienzo de un sexto, truncado en este perfil pero observable en otros.

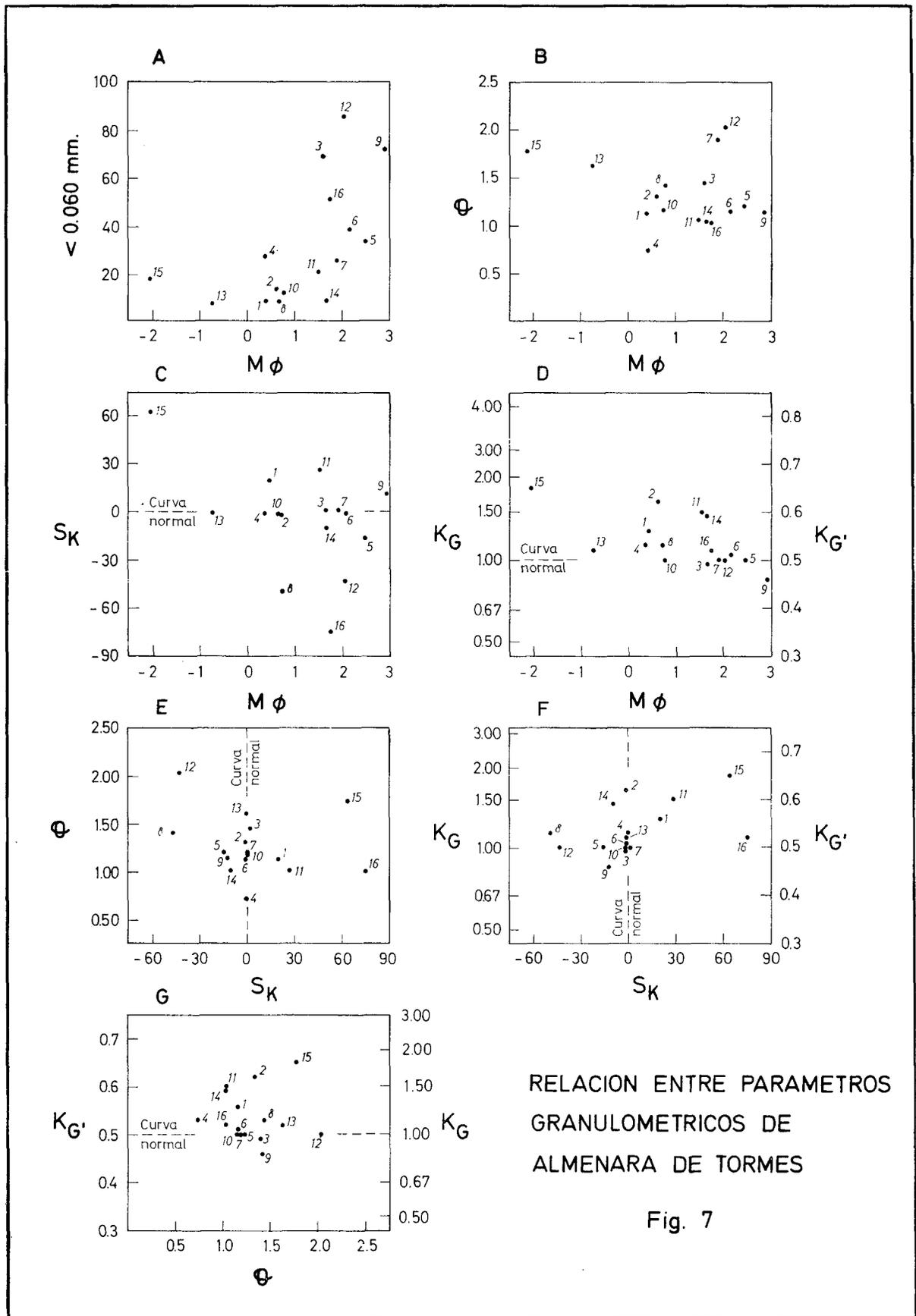
En general, cada ritmo comienza con una gran concentración de materiales gruesos en su base, como consecuencia de una fuerte energía del agente de transporte.

Al suavizarse la energía cinética anterior, comienzan a depositarse las fracciones finas. La corriente ya no es capaz de transportar el material por tracción. Al continuar la disminución de la energía se depositan las fracciones más finas aún, dando comienzo a una decantación en el medio, concluyendo así el ritmo.

Nuevamente vuelven a variar las condiciones del medio al aumentar la energía del agente de transporte, aumentando la concentración del material transportado y su deposición da origen al comienzo de un nuevo ritmo.

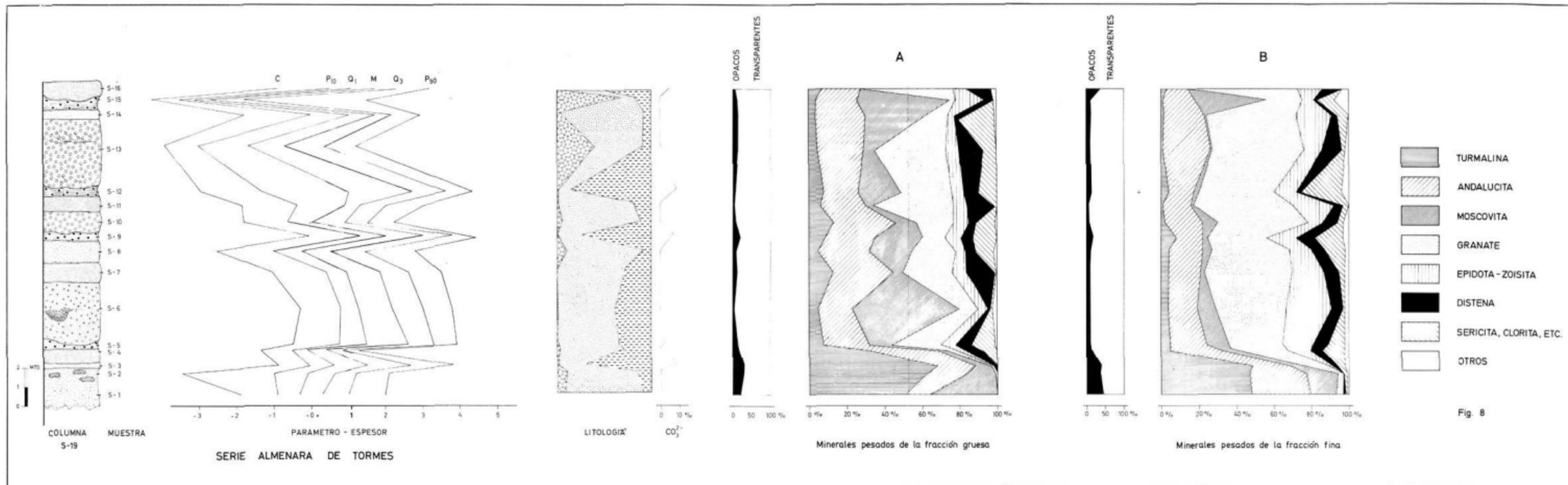
Generalmente los ritmos detríticos suelen estar bastante completos, pudiendo a veces, estar truncados e incompletos. Los primeros son consecuencia de la erosión por la avenida de agua que originó el ritmo siguiente, que remueve los limos y arcillas, formando la mayoría de las veces cantos blandos, y ocasionando las superficies de erosión en el techo, tan característicos en el contacto de las areniscas de grano muy fino con los materiales más gruesos situados encima del ritmo siguiente.

Los incompletos (faltan los términos basales) se debe a depósitos fuera del canal (BERSIER, 1958).



RELACION ENTRE PARAMETROS GRANULOMETRICOS DE ALMENARA DE TORMES

Fig. 7



Todos los ritmos tienen un carácter secuencial de tipo "finig upward" (ALLEN, 1965). El tránsito de un ritmo a otro queda marcado por la presencia de una superficie de erosión, que ocasiona a veces la desaparición total de los términos superiores del ritmo inmediatamente inferior.

La secuencia de estructuras observables comienza con una concentración de cantos blandos en la base del ritmo, especialmente localizados en las zonas deprimidas de las superficies de erosión, alcanzando a veces espesores de 20 cms.

Encima de los cantos blandos, se sitúan estratificaciones cruzadas de sets curvos o rectos y por último laminaciones paralelas, que nunca tienen una potencia superior a los 20 cms.

Es frecuente también encontrar en la base de los ritmos paleocauces.

SITUACION RELATIVA DE LOS CANALES

Si se observan los ritmos separadamente (Fig. 9), se puede apreciar que durante la sedimentación del primero, existió un canal situado en la región oeste del área estudiada, entre las series S-23 y S-43, alcanzando su máxima profundidad entre las series S-43 y S-32. En la región oriental es difícil de precisar la existencia de otros canales dado el escaso número de afloramientos.

Durante el depósito del segundo ritmo, el amplio canal anterior se desplaza hacia el este formando dos canales de igual importancia, situados entre las series S-25 y S-2, desarrollando su máxima profundidad entre las series S-19 y S-7.

Existe también la posibilidad de que el canal del primer ritmo se desplace hacia el oeste, en cuyo caso estaría representado en este segundo ritmo por la existencia de un pequeño canal situado entre las series S-42 y S-30, con la profundidad máxima en la serie S-32. Los canales que aparecen en el este, derivarían entonces del desarrollo de un antiguo canal situado en la región oriental.

La red fluvial anastomosada, queda instalada en el este durante el depósito del tercer ritmo, apareciendo un canal entre las series S-10 y S-5 con máxima profundidad en la serie S-8 que sustituye a los antiguos.

Durante el depósito del cuarto ritmo, la red fluvial se desdobra en pequeños canales, siendo de mayor importancia los que aparecen en el este.

En el quinto ritmo los canales de la región oriental predominan sobre los de la occidental; se instala un canal entre las series S-18 y S-11 que tiene su máxima potencia en la serie S-14.

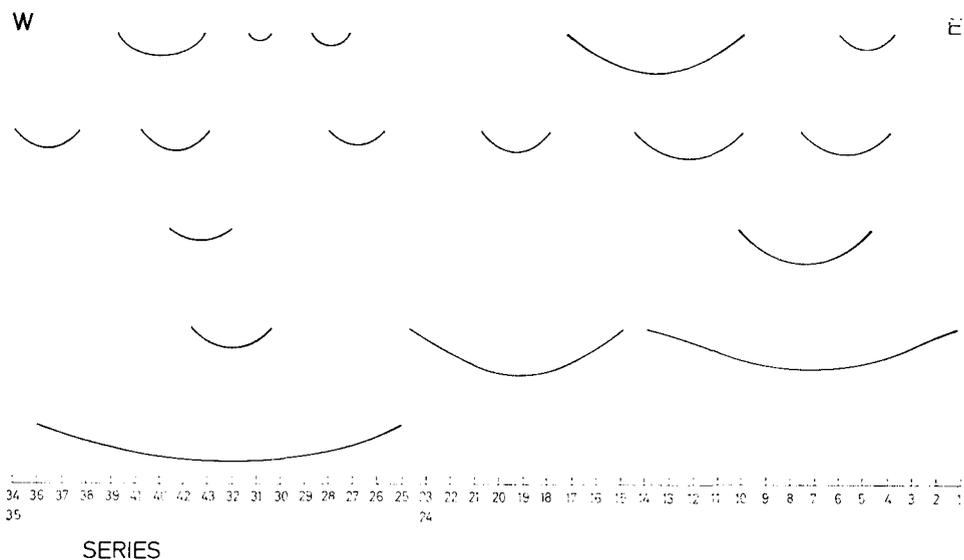


Fig. 9

ANALISIS MINERALOGICO

Determinación de carbonatos.—Con el fin de completar el análisis sedimentológico de la serie muestreada, se ha realizado un estudio de la cantidad de carbonatos existentes en las muestras.

Se encontró que gran número de ellas no contenían carbonatos. Tan solo las muestras S-3, S-5, S-9, S-12 y S-16 tenían en pequeñas cantidades (Fig. 8). Cada pico de la gráfica coincide con un valor superior al 50 % de la fracción limo-arcilla; esto es lógico ya que los carbonatos se concentran en la fracción fina y en las partes más distales del cauce.

Minerales pesados.—Se han hecho dos separaciones de minerales comprendidas entre los tamaños 0,400-0,200 mm. y 0,200-0,060 mm. Los porcentajes de minerales de cada fracción están representados en la figura 8, de la que se deduce:

1.º Durante los dos primeros ritmos la asociación de minerales es turmalina-moscovita-andalucita, mientras que en el resto de la serie es andalucita-distena-granate.

2.º La turmalina disminuye bruscamente al comienzo del tercer ritmo, manteniéndose más o menos constante hasta el final.

3.º El porcentaje de minerales opacos oscila de acuerdo con el de la turmalina.

4.º La andalucita, mantiene su porcentaje, más o menos constante a partir del ritmo tercero, siendo este porcentaje inferior al valor de los dos primeros ritmos. A menudo la andalucita aparece alterada a sericita.

5.º Como es lógico, la moscovita es más frecuente en la fracción gruesa.

6.º Los granates por el contrario, tienden a concentrarse en la fracción fina. Durante los dos primeros ritmos, en la fracción fina su representación es prácticamente nula, aumentando considerablemente en el resto de los ritmos.

7.º El porcentaje de minerales del grupo de la epidota-zoisita aumenta a partir de los dos primeros ritmos, especialmente en la fracción fina.

8.º Junto con la biotita se representaron también los productos de alteración cloríticos; mantiene su porcentaje más o menos similar en ambas fracciones, siendo su representación nula en la fracción gruesa de los dos primeros ritmos. Se produce una concentración en el quinto ritmo para luego desaparecer totalmente en el sexto.

9.º Bajo la denominación de otros minerales se ha representado el porcentaje de estauroлита, circón, brookita, rutilo, etc.

10.º Al comienzo del tercer ritmo se observa una relación inversa entre los granates y las moscovitas, el aumento de unos ocasiona la disminución de los otros y viceversa. Esto es debido a la estructura equidimensional de los granates, ya que su mayor densidad condiciona su depósito en las partes más proximales de los canales, mientras que por el contrario, las micas con su forma planar y menor densidad son llevadas hasta las partes más distales.

Como consecuencia del análisis mineralógico, se pueden emitir dos hipótesis para explicar la variación mineralógica a lo largo de la serie.

A) Durante los dos primeros ritmos, existió un aporte rico en turmalinas angulosas asociadas con moscovitas y andalucitas. Al comenzar el tercer ritmo, este aporte pasó a ser secundario, sin llegar a desaparecer totalmente, al ser desplazado por un nuevo aporte más rico en granates, asociados a andalucitas, moscovitas y el grupo de la epidota-zoisita.

B) La segunda hipótesis es que se trataría de una zona de coalescencia de dos abanicos.

Se cree como más acertada la primera hipótesis basándose en la presencia de turmalinas angulosas a lo largo de toda la serie, ya que aunque es mayor su porcentaje en la zona basal, permanecen asociadas a turmalinas redondeadas típicas del segundo aporte en el resto de la serie. Así mismo corrobora esta segunda hipótesis la presencia de granates grandes y angulosos junto a granates pequeños y redondeados.

Dada la asociación de minerales pesados del primer aporte se establece que el área fuente estaba próxima, presentando una composición neísica. La asociación de minerales del segundo aporte, es típica de áreas de metamorfismo intermedio y geográficamente estaría más alejada que la anterior por estar los minerales más redondeados.

CONCLUSIONES

1.º Son ritmos detríticos, con marcado carácter tipo "fining upward", teniendo la siguiente secuencia de materiales de muro a techo: arenisca conglomerática rica en cantos de gran tamaño, seguida de una arenisca de grano grueso que va pasando gradualmente a una arenisca de grano fino y ésta a una arenisca de grano muy fino.

Estos depósitos se han formado por la migración de canales de una red fluvial anostomosada, con acumulación lateral de sedimentos. Está formado el depósito por cinco ritmos y el comienzo de un sexto.

2.º Los ritmos no se encuentran siempre completos, pudiendo a veces presentarse incompletos o truncados por los ritmos superiores.

3.º Del análisis granulométrico y de las gráficas parámetros-espesor se desprende que son abanicos aluviales, apareciendo facies que corresponden a zonas diferentes, unas más próximas que otras.

4.º Durante la sedimentación de los términos basales, la red fluvial estaba instalada en las proximidades del vértice del abanico, mientras que durante el depósito de los términos superiores la red fluvial estaba más alejada.

5.º La presencia de carbonatos coincide con los depósitos de tamaño fino, lo que confirma la disminución de la velocidad de la corriente mientras duró el depósito de estos materiales, coincidiendo su deposición con partes más distales del abanico, que los términos gruesos.

6.º Como se desprende del gráfico 8, las zonas distales coinciden con el máximo en MOSCOVITAS y los más proximales con los GRANATES.

7.º El área fuente fue diferente para los dos primeros ritmos que en el resto, como lo demuestran las asociaciones diferentes de minerales.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI, B. (1965): *El Cámbrico de Salamanca y su serie de cobertura*. Est. Geol., 11, 383-395, láms. 62-64.
- ALLEN, J. R. L. (1963): *The classification of cross stratified units with notes on their origin*. Sedimentology, 2 (2), 93-114.
- (1964): *Studies in fluvial sedimentation: six cyclothems from the Lower Old Red Sandstone, Anglo-Welsh Basin*. Sedimentology, 3, 163-198.
- (1965): *A review of the origin and characteristic of recent alluvial sediments*. Sedimentology, 5 (2), 89-179.
- (1965): *Finning-upward cycles in alluvial successions*. Geol. J., 4 (2), 229-246.

- BERSIER, A. (1958): *Séquences détritiques et divagations fluviales*. Ecl. Geol. Helv., 51, 854-893.
- CORROCHANO, A. (1974): *Características de la sedimentación del Paleógeno en los alrededores de Salamanca*. Stvd. Geol. 7, 7-39.
- CORROCHANO, A. y QUIROGA, J. L. (1974): *La discordancia Paleozoico-Terciaria al SW de Zamora*. Stvd. Geol. 7, 123-130.
- DENNY, Ch. S. (1969): *Alluvial fans in the Death Valley Region, California and Nevada*. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 446, 1-62.
- DUFF, P. McL. D.; HALLAN, A. & WALTON, E. K. (1967): *Cyclic sedimentation*. Dev. in Sedimentology, 10, 280 pp. Elsevier Ed.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957): *Brazos River Bar: study in the significance of grain size parameters*. J. Sed. Petr., 27 (1), 3-26.
- JIMÉNEZ, E. (1970): *Estratigrafía y Paleontología del borde Sur-Occidental de la Cuenca del Duero*. Tesis Doctoral. Univ. Salamanca.
- (1972): *El Paleógeno del borde SW de la Cuenca del Duero. I: Los escarpes del Tormes*. Stvd. Geol., 3, 67-110.
- (1973): *El Paleógeno del borde SW de la Cuenca del Duero. II: La falla de Alba-Villoria y sus implicaciones estratigráficas y geomorfológicas*. Stvd. Geol., 5, 107-136.
- MOSS, A. J. (1972): *Bed load sediments*. Sedimentology, 18 (3/4), 59-220.
- POMEROL, Ch. (1961): *Les sables de l'Eocène Supérieur (étages Lédien et Bartoinien) des Bassins de Paris et Bruxelles*. Thèse, Mém. expl. Carte Géol. Dét. France.

(Recibido el 20 - VI - 75)

(Aceptado el 15 - VII - 75)