

Sedimentología del lago de Carucedo (Ponferrada-León)

Por J. A. SANTOS (*), F. MINGARRO (***) y S. ORDÓÑEZ (***)

RESUMEN

Se realiza el estudio de los depósitos del lago mediante el análisis de muestras, correspondientes a 16 sondeos mecánicos.

El relleno del lago aparece condicionado fundamentalmente por los aportes longitudinales a lo largo de un antiguo valle, mientras que los aportes laterales presentan menor importancia y, en parte, proceden de la destrucción de uno de los abanicos.

El mecanismo fundamental de sedimentación se produce a partir de una suspensión, puesta en funcionamiento por la entrada de aguas por puntos concretos, que dan lugar a un "delta" de sedimentos gruesos, mientras los finos pasan a suspensión y decantan lentamente.

Se apunta su origen climático para los cambios en la sedimentación, asignando como posible edad Würmiense, para los depósitos ricos en materia orgánica.

Se obtiene una velocidad de sedimentación, a partir de los datos obtenidos, del orden de 0,1 mm./año.

ABSTRACT

The study of the deposits of the lake is carried out by means of the analysis of corresponding samples from 16 mechanical prospecting drills.

The filling of the lake appears to be conditioned fundamentally by the longitudinal extensions lengthwise of an old valley, while the lateral extensions present less importance and in part come from the destruction of one of the fans.

The fundamental mechanism of sedimentation is produced starting from a suspension, put in function by the entry of waters through concrete points, that give rise to a "delta" of thick sediments, while the fine ones pass a suspension and decant slowly.

The climatic origin is noted for the changes in sedimentation assigning as a possible age, the Würmiense, because of the deposits that are rich in organic material.

A velocity of sedimentation is obtained, starting from obtained data, at a rate of 0.1 mm./year.

INTRODUCCIÓN

Carucedo está situado en el SW de la provincia de León (D), quedando enmarcado en la hoja núm. 191 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. En el entorno geológico regional se refleja en

una cuestión de gran importancia en cualquier estudio geológico es la procedencia de los sedimentos obtenidos, cuya composición inicial será reflejo de la influencia de las zonas emergidas próximas, de la intensidad de erosión-meteorización, de los procesos de transformación características hidrodinámicas y físico-químicas durante la sedimentación en la cuenca. En consecuencia resulta indispensable conocer, aunque sea de

forma esquemática, los materiales que integran el "área madre" de los sedimentos.

A escala regional, los materiales aflorantes pertenecen al Paleozoico, presentando una amplia variedad de tipos petrológicos; pero el "área madre" de los depósitos del lago Carucedo es la denominada "facies de las Médulas" (SLUJTER y PANNEKOEK, 1964), que son facies del borde SW de la cuenca terciaria intramontañosa de Ponferrada y están formadas por una alternancia de conglomerados, de espesor variable entre 2 y 7 metros y arenas de grano fino a grueso, con tonos rojizos muy característicos. Los conglomerados presentan fundamentalmente cantos de esquistos, cuarzo filoniano y cuarcita (centil = 50 cms. y Mediana = 3-5 cms.).

Los granos samíticos, bien formando niveles o como matriz de los conglomerados, son fragmentos esquistosos, redondeados, y cuarzos y cuarcitas angulosos.

Georena, S. L. - Avda. del Generalísimo, 84 - Madrid.

Departamento de Petrología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, Madrid-3.

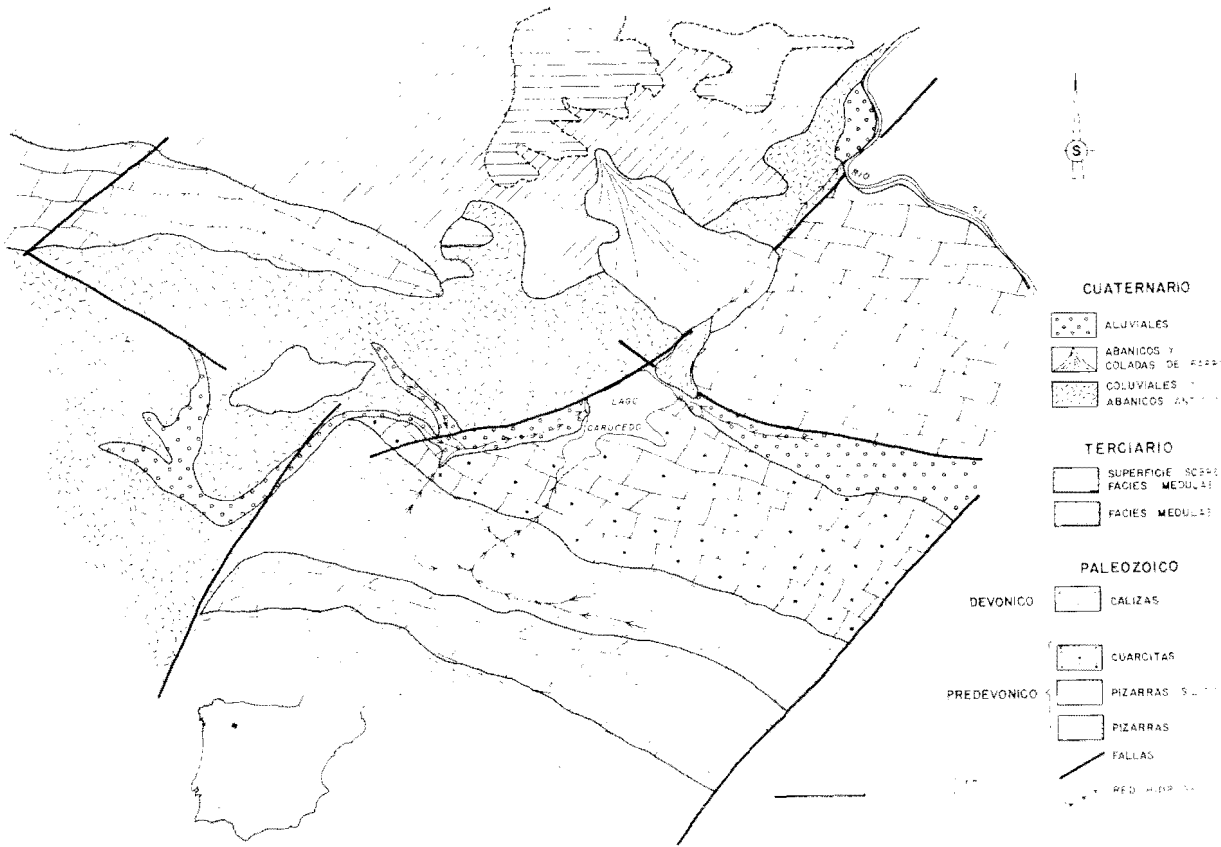


Fig. 1.—Esquema foto geológico del lago Carucedo y su entorno.

METODOLOGÍA

Para la realización del presente estudio sedimentológico se ha utilizado una metodología basada en los siguientes aspectos:

- Muestreo de 16 sondeos, cada dos metros a partir de la interfase agua-sedimento, estudiándose un total de 94 muestras, número estimado suficiente para definir el depósito en una primera aproximación. Las muestras han sido estudiadas por métodos sedimentológicos usuales.
- Interpretación de los datos obtenidos; se ha realizado utilizando combinadamente las "facies de RIVIÈRE" (1952) y los diagramas CM de PASSEGA (1964).
- Se ha elegido el método de las "facies Rivière", por tratarse de una eficaz ayuda, a la hora de establecer el mecanismo de sedimentación de los detríticos finos, que constituyen el depósito. Según este modelo, se podrá establecer si la sedimentación aparece ligada a un proceso exclusivamente mecánico o, por el contrario, si existen procesos de floculación, que actúan sobre la carga en suspensión del lago.
- Los diagramas CM, son un método ideal para establecer la relación existente entre un número elevado de muestras, y puede servir como un tipo de análisis discrimi-

nante entre ellas, a la vez que nos permiten obtener una rápida idea sobre los distintos medios de sedimentación.

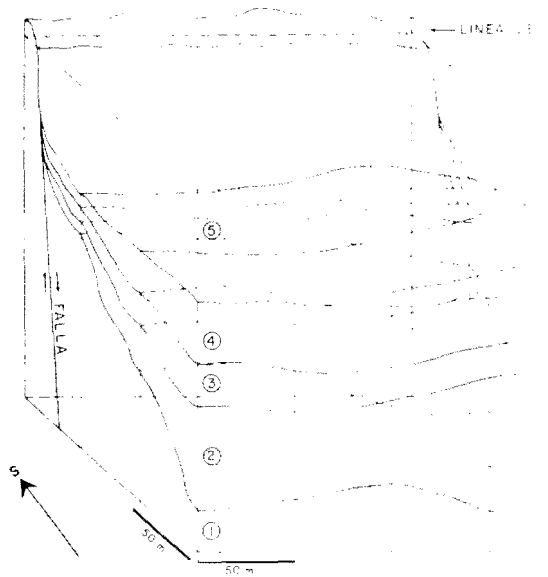


Fig. 2.—Diagrama esquemático del relleno del lago Carucedo: 1. Conglomerados y arenas; 2. Pelitas rojas; 3. Pelitas negras y materia orgánica; 4. Limos grises; 5. ...

ando un artificio estadístico, se puede obtener una muy aproximada del valor de σ_p partiendo de los diagramas CM.

SECUENCIA DEPOSITACIONAL

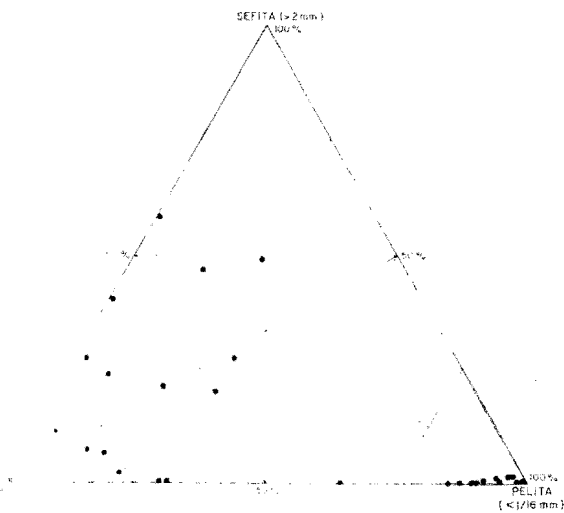
A la vista de los datos obtenidos en los sondeos, es posible definir cuatro niveles claramente distinguibles que, de abajo hacia arriba, son (fig. 2):

1. Conglomerados, fundamentalmente de cantos de cuarzo, material esquistoso, con matriz samítico-aleurítica. Los cantos presentan elevados índices de disimetría, lo cual hace pensar en un área de origen bastante torrencial (como es el caso de las facies de las Médulas, que presentan gran semejanza).

2. Facies rojas, caracterizadas por su gran plasticidad y homogeneidad. Presentan finas laminaciones que denotan un carácter cíclico de su sedimentación. Alcanzan un espesor de 9 metros de potencia.

3. Facies de tonos grises muy oscuros, en ocasiones negras. Caracterizados por un alto contenido en materia orgánica y elevada plasticidad. Presentan una distribución bastante uniforme, que puede alcanzar 3 metros de espesor.

4. Facies grises, con elevada proporción de agua. La coloración se oscurece al aumentar la profundidad. Contienen materia orgánica y algunos restos de gasterópodos dulceacuícolas.



—Diagrama triangular clastométrico de las muestras del lago Carucedo.

Este conjunto de estos depósitos se han diferenciado dos poblaciones en función de su calibre: una, la de las "facies puras", que está formada por 75 muestras, de las cuales, 64 de las cuales contienen más del 98 % de materia orgánica. La segunda población, definida por las facies restantes, caracterizadas por una variación más homogénea dentro del campo de las samitas, así como de las facies puras. Esta población corresponde al nivel inferior de los depósitos del lago (fig. 3).

ANÁLISIS EN LA VERTICAL.

A pesar de haber determinado una serie de características, de acuerdo con el aspecto que presentan *de visu* los depósitos, el estudio sedimentológico se ha realizado de una manera integrada.

Depósitos pelíticos que constituyen los materiales de relleno del lago y vienen caracterizados en los diagramas CM por una zona de elevada concentración, definida para valores de M comprendidos entre 20 micras y 2 micras, mientras que los valores del centil (C) oscilan entre 200 micras y 30 micras (fig. 4).

El estudio realizado de la variación en vertical de las facies de Rivière, para estos materiales, puede resumirse del modo siguiente: Se observa, en todos los sondeos de base a techo, una tendencia a empezar con facies "logarítmicas", lo cual denota una sedimentación hidrodinámica, para pasar a facies "hiperbólicas", en las cuales influyen los procesos de floculación. No obstante, se observan algunas excepciones.

Otra característica importante es la coincidencia de las zonas más profundas y alejadas de las márgenes del lago, con curvas "hiperbólicas", mientras que las zonas más próximas a entradas actuales de aguas son "logarítmicas". A la vista de estos datos, podemos afirmar que los factores físico-químicos de floculación han funcionado durante toda la etapa de relleno.

Depósitos samíticos y conglomeráticos, que forman la base del lago, presentan proporciones variables de fracción pelítica, pero siempre menor del 5 %. Estos depósitos presentan unas características anómalas, respecto al resto de los materiales del lago. En los diagramas CM definen una asociación con características similares, pero con un grado de concentración mucho menor (fig. 4).

Este conjunto viene definido para valores de M entre 5 mm. y 0,1 mm.; σ ϕ comprendida en el intervalo 0,80 ϕ a 2,89 ϕ , aunque los valores más frecuentes se encuentran entre 1,42 ϕ y 2,89 ϕ . El centil (C) varía entre 100 mm. y 5 mm.

Desde el borde del lago, hasta el centro, presentan pendientes deposicionales entre 7° y 5° (8-10 %), mientras que en sentido paralelo a la costa se observa un aumento de pendiente hacia el NE con valores que localmente pueden llegar hasta el 4 %.

Siguiendo a BULL (1962), y teniendo en cuenta el aspecto que presentan los diagramas CM para estos depósitos, así como las pendientes observadas, podrían tratarse de antiguos abanicos aluviales, tipo *water laid*, cuya área de origen sería la formación Médulas, indicando un régimen de tipo torrencial, que los transporta a partir de dicha formación, lo cual se ve corroborado por los elevados índices de disimetría que presenta los cantos de estos depósitos indicando un transporte muy corto.

ANÁLISIS EN HORIZONTAL.

Para realizar el estudio de las direcciones de aporte, la forma actual del fondo y la supuesta relación con las formas del nivel enriquecido en materia orgánica, se han establecido la medida de los valores relativos de ambos datos, a lo largo de una serie de perfiles en planta (cuadro 1, fig. 5).

En estos perfiles se observa que a lo largo del perfil 8, en el punto 8B, aparece una entrada de agua que da lugar a una fuerte acumulación de sedimentos, que ha funcionado de manera continuada, aunque puede atribuirse una menor importancia durante el desarrollo de la materia orgánica.

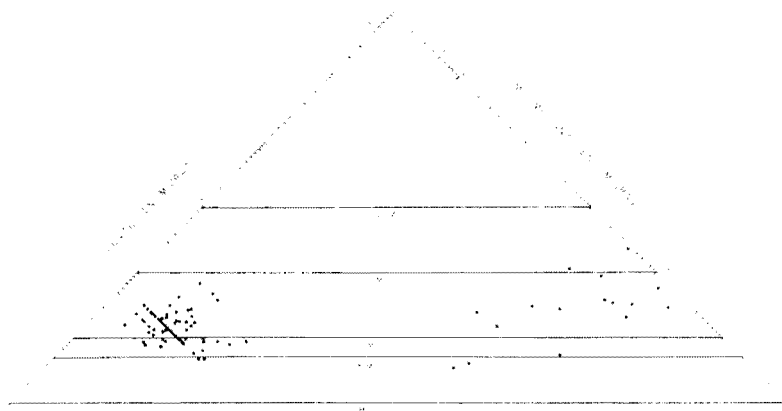


Fig. 4.—Diagramas CM (modificado por ORDÓÑEZ) de las muestras del lago Carucedo.

En el perfil 9 se observa una segunda entrada de agua, cuya importancia permanece constante durante todo el relleno del lago.

Desde la costa puede observarse que, en general, la pendiente del nivel con materia orgánica, es mayor que la pendiente actual del plano de sedimentación, que se conserva prácticamente horizontal. Sin embargo, la pendiente de los depósitos gruesos de la base del lago es mucho mayor que la de los sedimentos pelíticos que constituyen el relleno superior.

Teniendo en cuenta todos los datos aportados hasta el momento, podemos afirmar que los depósitos pelíticos constituyen un depósito producido por precipitación mecánica y/o floculación, bajo la acción de la materia orgánica, de

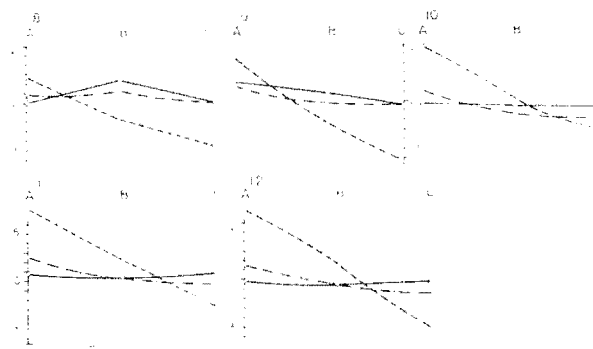


Fig. 5.—Representación gráfica de los valores normales de la matriz de datos.

CUADRO I

6,9 = Profundidad actual en metros; 6,3 = Mediana en unidades phi; 1,1978 = Desviación estándar en unidades phi; 14 m. = Profundidad de los conglomerados; 8,90 = Profundidad de la materia orgánica; () = Valores estándar ($X_i - \bar{X}$).

	8	9	10	11	12
	6.9 (0)	5.9 (+1)	7.1 (-0,2)	7.4 (-0,5)	7.1 (-0,2)
	6,3	7,1	7,9	8,5	7,95
A	$\overline{[1,1978]}$	$\overline{[1,3112]}$	$\overline{[1,6577]}$	$\overline{[1,8950]}$	$\overline{[1,6862]}$
	$\overline{[14 \text{ m}] (+2,60)}$	$\overline{[12 \text{ m}] (+4,60)}$	$\overline{[10,90] (+5,70)}$	$\overline{[10,10] (+6,50)}$	$\overline{[7,40 \text{ m}] (7,2)}$
	$\overline{[8,90 \text{ m}] (+0,80)}$	$\overline{[8,20 \text{ m}] (+1,50)}$	$\overline{[8,50 \text{ m}] (+1,20)}$	$\overline{[8,60 \text{ m}] (+1,10)}$	$\overline{[8,10 \text{ m}] (+1,6)}$
	4.55 (+2,4)	6.10 (+0,8)	7.4 (-0,5)	7.6 (-0,7)	7.5 (-0,6)
	5,25	7,15	8,2	7,5	7,9
B	$\overline{[1,2877]}$	$\overline{[1,3273]}$	$\overline{[1,7326]}$	$\overline{[1,4655]}$	$\overline{[1,6577]}$
	$\overline{[18,50] (-1,9)}$	$\overline{[20 \text{ m}] (-3,40)}$	$\overline{[16,50 \text{ m}] (-0,20)}$	$\overline{[15,50 \text{ m}] (+1,1)}$	$\overline{[15,20 \text{ m}] (+1,6)}$
	$\overline{[8,50 \text{ m}] (+1,20)}$	$\overline{[9,80 \text{ m}] (-0,1)}$	$\overline{[11 \text{ m}] (-1,3)}$	$\overline{[10 \text{ m}] (-0,3)}$	$\overline{[10,30 \text{ m}] (-0,2)}$
	6.9 (0)	7.30 (-0,40)	7.8 (-0,90)	7.45 (-0,5)	7.20 (-0,30)
	7,15	7,3	7,5	7,9	8
C	$\overline{[1,6794]}$	$\overline{[1,4153]}$	$\overline{[1,4655]}$	$\overline{[1,4537]}$	$\overline{[1,2877]}$
	$\overline{[21,50 \text{ m}] (-4,9)}$	$\overline{[23,20 \text{ m}] (-6,6)}$	$\overline{[20,90 \text{ m}] (-4,3)}$	$\overline{[20,60 \text{ m}] (-4)}$	$\overline{[21,70 \text{ m}] (-5,1)}$
	$\overline{[9,90 \text{ m}] (-0,20)}$	$\overline{[10,30 \text{ m}] (-0,60)}$	$\overline{[11,60 \text{ m}] (-1,9)}$	$\overline{[11,60 \text{ m}] (-1,9)}$	$\overline{[11,20 \text{ m}] (-1,6)}$

suspensión en aguas tranquilas "pelágica" (*), que ha aparecido fundamentalmente (en la zona estudiada) por entrada de agua, en puntos próximos a los sondeos 9A.

Otro factor importante tenido en cuenta para este estudio es la distribución de los valores de la $\bar{X}\phi$ y $\sigma\phi$ en los sedimentos actuales para establecer el funcionamiento del sistema sedimentario, según la cual se pudo observar la existencia de valores bajos de ϕ_{σ} para las entradas de agua, es decir, tamaños de medios a gruesos, mientras que los finos se concentran en las zonas distales de las entradas. La distribución de los valores de $\sigma\phi$, puede interpretarse en el sentido de mezcla de poblaciones, precisamente todos los elementos que van en suspensión se relacionan de igual manera frente a los procesos de flocculación; además, la carga de entrada en el lago no es constante, sino, por el contrario, varía a lo largo del año en forma estacional (lo cual se corrobora por la presencia de ritmitas). En consecuencia, no habrá poblaciones puras desde el punto de vista de la distribución del ϕ , por lo que la población de sedimento será mezclada por los dos o más leyes de distribuciones. Lo cual presupone una respuesta del medio a la variedad de procesos que intervienen en la génesis del depósito. Observando la distribución de los valores de $\sigma\phi$, se obtienen valores bajos en las zonas de entrada de agua, mientras que el resto de los puntos aumentan mucho estos valores, lo cual, en definitiva, no expresa más que un predominio de una población en las zonas de entrada y una mayor mezcla en el fondo de la cuenca.

INTERPRETACIÓN DEL MEDIO DE SEDIMENTACIÓN

El lago Carucedo se encuentra situado en un antiguo valle, que aprovecha posiblemente una fractura tectónica del ciclo Hercínico. Este valle, de dirección aproximada NE-SW, constituye el nivel de base-local y el "factor" de las aguas de una serie de abanicos aluviales, cuya cabecera se presenta en la formación de Médulas. Las características sedimentológicas de estos abanicos, son las clásicas: relaciones C/M bajas, sedimentación gradual, fuerte pendiente diferencial (hasta 6°) y caracteres texturales típicos de depósitos de segundo ciclo en régimen torrencial.

Podemos suponer que en una época indeterminada el conjunto queda afectado por una reacción tectónica que afecta al antiguo valle aluvial, constituyendo un típico lago de valle, de origen tectónico.

El proceso de fracturación, pudo originar saltos de hasta próximos a una decena de metros, y parece razonable pensar en una simple serie de pequeños reactivos en la zona, que estarían relacionados con la fracturación diferencial de los materiales Terciarios, y con la sedimentación de unos depósitos potentes, precisamente a expensas de esos materiales. Esta fracturación fue puesta de manifiesto por métodos geofísicos, y se comprobó que únicamente afectaba a los depósitos samíticos conglomeráticos que constituyen el fondo del lago, pero nunca al relleno superior

del mismo. El relleno del lago tiene lugar fundamentalmente, por los aportes longitudinales, a lo largo del antiguo valle. La falta de capacidad erosiva en la red regional, condiciona que se haya mantenido esa situación y, en consecuencia, el lago siga existiendo.

Los aportes laterales tienen mucha menor importancia, y en gran parte proceden de la destrucción de uno de los abanicos aluviales, como consecuencia del reajuste tectónico que provocó en dicho abanico un desequilibrio que bajo cualquier tipo de clima dio lugar a un *trenching* en la zona próxima a la fractura reactivada.

El mecanismo fundamental de sedimentación en el lago se realiza a partir de una suspensión constituida por la entrada de agua por puntos concretos, que dan un delta de sedimentos más gruesos, mientras los materiales más finos pasan a suspensión y van decantando lentamente.

Otro factor importante para la interpretación global de estos depósitos es función de la falta de oxigenación del fondo del lago y, en consecuencia, la posible conservación de la materia orgánica estará relacionada con la circulación de las aguas y ésta, a su vez, con la distribución de las temperaturas del lago y las del agua de entrada. Cuando la temperatura del lago es mayor que la de entrada (situación normal en climas templados) podrá existir una circulación en el fondo, con oxigenación del mismo y, por tanto, con la consiguiente destrucción de la materia orgánica. En el caso contrario, tendríamos la falta de oxigenación del fondo y un ambiente propicio para conservarse la materia orgánica.

Observando la secuencia deposicional que ha tenido lugar en el lago, se pueden atribuir estos cambios en la sedimentación a diferentes períodos climáticos estrechamente relacionados con los mismos.

Tomando como base los datos aportados por SLUJTER y PANNEKOEK (1964) para la formación de Médulas, y considerando que en la actualidad nos encontramos en un período interglaciar, podría atribuirse la edad Würmiense para el nivel rico en materia orgánica, mientras que los depósitos que constituyen el nivel definido como "pelitas rojas" pertenecerían al interglaciar, Würm-Riss. Estas consideraciones concuerdan con todos los datos presentados, y calculando la velocidad de sedimentación se obtiene un valor del orden de 0.1 mm./año, lo cual entra dentro de los valores estimados como normales en lagos.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han obtenido las siguientes conclusiones:

— Queda puesto de manifiesto (por métodos geofísicos) un proceso de fracturación que única-

- mente afecta a los materiales samítico-conglomeráticos, pero nunca al relleno más reciente del lago.
- Se determina la secuencia de sedimentos existentes en el lago Carucedo, constituida por cuatro niveles claramente diferenciados. De arriba a abajo, se definen:
 - Limos grisáceos.
 - Limos negros, muy ricos en materia orgánica.
 - Pelitas rojas.
 - Conglomerados.
 - El C/M de estos depósitos caracteriza el mecanismo dominante de transporte de los sedimentos distinguiendo dos poblaciones:
 - a) Sedimentos samíticos y conglomeráticos que constituyen la base del lago y quedan definidos para M entre 0,1 y 5 mm., y C oscilando entre 5 y 100 m.
 - b) Sedimentos pelíticos que forman los materiales de relleno más recientes del lago y se caracterizan por M entre 2 y 20 micras, y C oscilando de 30 a 200 micras.
 - En los depósitos pelíticos se observa una variación en la vertical, a través del estudio de las facies de Riviére, que comienza con curvas "logarítmicas" (denotan deposición por pérdida de carga) en las zonas más profundas, para acabar siendo "hiperbólicas" (floculación) en zonas más superficiales.
 - Los sedimentos samítico-conglomeráticos proceden de antiguos abanicos aluviales, tipo *water laid*, cuya área de origen es la formación Médulas, mediante un transporte de tipo torrencial.
 - Se determinan las zonas de aportes (observándose una mayor importancia de los aportes longitudinales). Estas zonas de entrada de agua vienen caracterizadas por aportar materiales con valores bajos de σ_z (predominio de una población clastométrica) lo mismo que de \bar{X} (tamaños de medianos a gruesos), mientras que los sedimentos más finos se concentran en las zonas distales de esas entradas.
 - Las características de los abanicos aluviales son las normales: relaciones C/M elevadas, sedimentación gradual, bastante pendientes y características texturales típicas de sedimentos de segundo ciclo en régimen torrencial.
 - El mecanismo fundamental de relleno en el lago Carucedo, se realiza a partir de una suspensión que entra con el agua a través de determinados puntos, en donde se originan pequeños deltas y sedimentos más gruesos, mientras los materiales finos quedan en suspensión y decantan lentamente.
 - Aunque no han sido dominantes, los factores físico-químicos de floculación han funcionado durante toda la etapa de relleno.
 - La existencia de materia orgánica está relacionada fundamentalmente por circulación de las aguas por corrientes de convección.
 - Se atribuye un origen climático para los cambios observados en la sedimentación, atribuyendo edad Würmiense para el nivel más rico en materia orgánica, y edad Würm-Riss para el nivel de pelitas rojas.
 - Se obtiene como velocidad de sedimentación un valor de 0,1 mm./año.

BIBLIOGRAFÍA

- BULL, W. B.
1962. Relation of textural (CM) patterns of deposition in different environments of alluvial fan. *Journal of Sedimentary Petrology*, 32, 211-216.
- PASSEGA, R.
1964. Grain size representation by CM patterns as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 830-847.
- RIVIÉRE, A.
1952. Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. France* (6), II, 155-167.
1956. Contribution à l'étude géologique des sédiments sableux. *An. Inst. Oceanog. nouvelle*. 17, 2, 240.
- SLUITER, W. J. y PANNEKOEK, A. J.
1964. El Bierzo. Etude sédimentologique et géométrique d'un bassin intramontagneux dans le NW de l'Espagne. *Leids Geologische Mededelingen*, Leiden. 30, 141-182.