

APLICACION DE LA MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO (M.E.B.) AL ANALISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES EN AMBIENTES FRIOS

Luisa Torcal*
Blanca Tello**
Estrella Tortosa*

RESUMEN

Se presentan los resultados de la aplicación de la Microscopía Electrónica de Barrido al estudio de la génesis y evolución de sedimentos correspondientes a un medio frío, situados en la vertiente meridional de los Pirineos, en el interfluvio Gállego-Ara. Las muestras seleccionadas proceden de depósitos aluviales actuales, depósitos morrénicos y una formación compleja reciente, con una posible génesis glacial o lacustre.

SUMMARY

In this article we will explain the results of the application of the Scanning Electron Microscope to the study of the origin and evolution of the sediments corresponding to a cold environment, which are placed in the southern slopes of the Pyrenees, in the Gállego-Ara watershed. The samples selected belong to modern alluvial deposits, morainic deposits and a complex recent formation, with a hypothetical glacial or lacustrine origin.

* E.T.S. Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica. Madrid.

** Cátedra de Geografía Física. Universidad Autónoma. Madrid.

El estudio de la textura superficial de granos de cuarzo se inició el pasado siglo con los trabajos de SORBY (1880). Otros autores como CAILLEUX (1942), KUENEN Y PERDOK (1962), KRINSLEY Y TAKASAKI (1962), BRAMER (1965), SOUTENDAN (1967), LE RIBAUT (1975), CULVER et al. (1983), etc., estudiaron posteriormente el aspecto externo de los granos de arenas con distintas técnicas, intentando correlacionar sus marcas externas con su génesis.

Sin embargo, la incorporación del Microscopio Electrónico de Barrido (M.E.B.) a las técnicas de estudio sedimentológicas ha supuesto un gran avance y renovación en este campo de la Ciencia. Con él los granos se pueden observar directamente, sin necesidad de réplicas, las cuales producen distorsiones y menor detalle de observación. Además se pueden montar varios granos a la vez, permitiendo su selección y aproximación con el "zoom" para ser fotografiados con alta resolución, simulando sensación de tridimensionalidad.

La coautora de esta comunicación L. TORCAL en su Tesis de Licenciatura: "Exoscopia del cuarzo: su aplicación a la interpretación de medios actuales y subactuales" (1983) ha utilizado esta técnica para estudiar muestras de sedimentos actuales de medios marino, eólico y fluvial, comparándolos con muestras tomadas en ambientes fósiles. Para ello, analiza previamente la bibliografía existente sobre el tema.

En esta comunicación se presentan los resultados de la aplicación de esta técnica microscópica, M.E.B., al estudio de la génesis y evolución de cinco muestras correspondientes a un medio frío situadas en la vertiente meridional del Pirineo, en el interfluvio Gállego-Ara.

Las muestras seleccionadas proceden de un depósito aluvial actual, de dos depósitos morrénicos y de una formación muy compleja, de origen múltiple, con una posible génesis glaciárica o lacustre.

Metodología de trabajo

Previamente a su separación granulométrica se lavaron las muestras con hexametáfosfato y carbonato sódico (Calgón) con el fin de conseguir la perfecta dispersión de la arcilla. Ante la presencia de carbonatos, las muestras fueron tratadas con ClH al 10%. A continuación fueron secadas en lámpara de infrarrojo.

Una vez eliminados todos los componentes que enmascaraban la superficie de los granos, se procedió a su separación granulométrica con una tamizadora electromagnética y se seleccionó la fracción de 0,25 - 0,50 mm., para su estudio al M.E.B., por ser la recomendada por la mayoría de los autores como más idónea (LE RIBAUT, 1975).

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES

Microscopía electrónica de barrido (M.E.B.)

Parte de la fracción elegida se pone sobre un portaobjetos y se examina bajo la lupa binocular, donde se procede a separar los granos de cuarzo monocristalinos de los policristalinos y del resto de los componentes ligeros previamente reconocidos. Una vez separados estos granos se montan sobre un portamuestras para M.E.B. con cinta adhesiva de doble faz y se recubren con pegamento de cemento carbón conductor (C.C.C. de Leit) para aumentar la conductividad. Posteriormente se metalizan con platino en un Diode Sputtering System, Type P-S1 y se visualizan en un M.E.B. ISI, modelo M.S.M. 5, Mini-Sen. Las fotografías fueron realizadas con una máquina Mamiya incorporada al microscopio.

Situación y descripción de las muestras

Esta investigación se ha realizado sobre muestras de sedimentos ya estudiados previamente, en sus aspectos sedimentológico y estratigráfico en general, por el geólogo C. MARTI BONO, del Instituto Pirenaico de Ecología; remitimos a este autor para un mejor conocimiento de las mismas y sólo incluimos aquí una breve descripción de ellas.

La muestra M-1, pertenece a la "Morrena de Víu" y se ha tomado en el corte septentrional de la carretera, en las proximidades de dicho pueblo y corresponde a un till basal del arroyo Sorrosal (Fig. 1).

La muestra M-2, pertenece a la "Morrena del barranco de la Sía", se ha tomado en el lateral de las casas de Gavín, zona baja, en la cuenca del río Gállego.

Las muestras M-3 y M-4 corresponden al complejo depósito sedimentario de Linás de Broto, excavado por el arroyo Sorrosal, en el que se suceden potentes sedimentos recientes de origen lacustre, glaciario, fluvio-glaciario y fluvial, que marcan la pauta evolutiva de esa pequeña cuenca. La M-3 corresponde al nivel definido por MARTI BONO como L2-A1, situado en la parte baja de la serie, mientras que la M-4 corresponde al nivel L2-A2, situado en la zona alta, con un posible origen lacustre.

La muestra M-5, tomada en el "aluvial del río Sorrosal", corresponde a las arenas del aluvial de dicho río en las proximidades de Linás de Broto.

Análisis morfológico de las muestras al M.E.B.

En todas las muestras, salvo en el depósito aluvial, es muy escaso el cuarzo y escasísimo el cuarzo monocristalino, siendo abundantes los fragmentos de rocas metamórficas y carbonatadas.

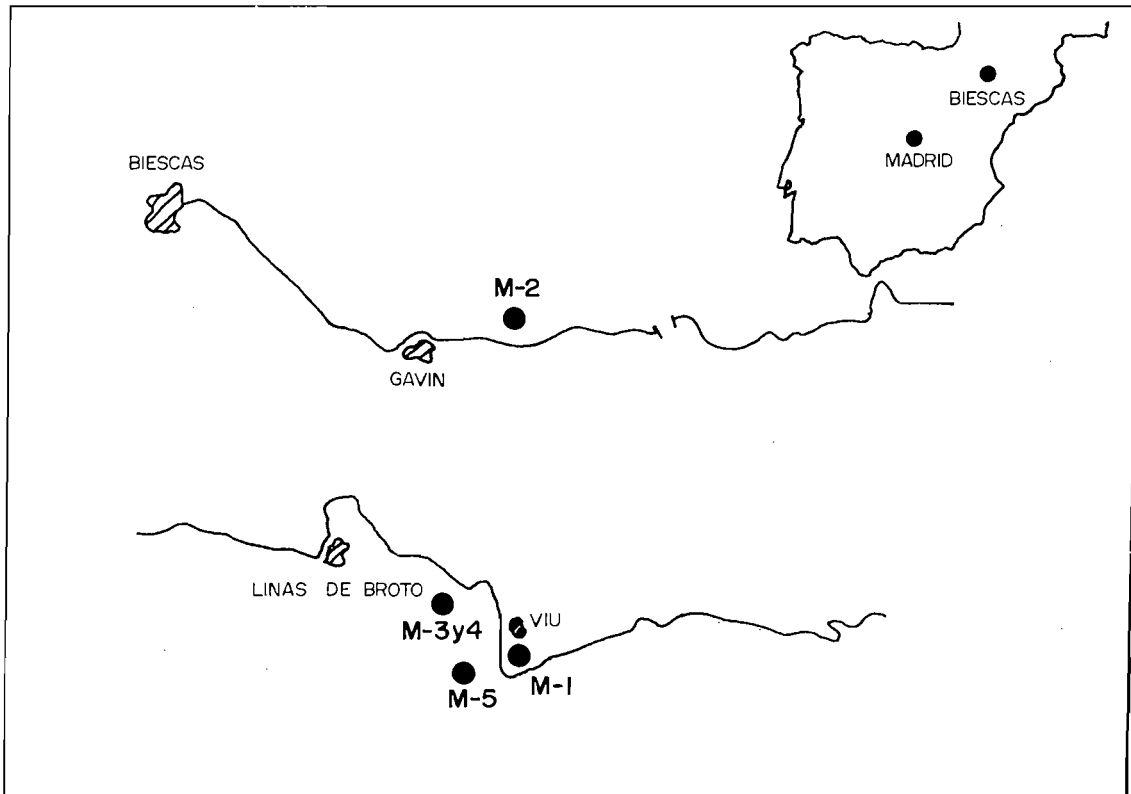


Figura 1.
Plano de situación de las muestras.

En conjunto, puede decirse que los granos son angulosos y poco evolucionados, características que según SMART, P. y TOVEY, N.K. (1982), indicarían la presencia de un medio glacial.

Muestra M-1. - Till basal de Víu

La muestra es bastante homogénea; los granos son subangulosos con escasos granos subredondeados y predominio de los equidimensionales. En general, todos los granos estudiados presentan depósito de sílice, a veces con tendencias euhedrales. Muchos cuarzos, alrededor del 70%, presentan alguna cara lisa, carente de depósitos, con aspecto pulimentado y frecuentemente con estriaciones poco marcadas y paralelas. Un pequeño porcentaje de granos (10%) tiene estas estrías más marcadas y suelen ir acompañadas de señales mecánicas tales como escalones paralelos, estrías arqueadas y fracturas concoideas. Otro pequeño porcentaje presenta pequeños agrietamientos que, en alguna de las ocasiones, parece que sólo afectan a la película

ANALISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES

de sílice o “encostramiento” silíceo. Finalmente, en algunos granos aparecen “moldes” idiomorfos o subidiomorfos que podrían corresponder a inclusiones de pirita (?).

Muestra M-2. - Morrena del barranco de la Sía

Esta muestra es también bastante homogénea; los granos son de angulosos a subangulosos, con predominio de los elongados. Tienen mucho menos depósito superficial que los granos de la muestra anterior, predominando los de superficies lisas, aunque en las caras cóncavas aparecen depósitos de sílice amorfa. La mayoría de los cuarzos (90%) tienen estriaciones paralelas poco profundas en las caras lisas, apareciendo estas caras aparentemente pulimentadas. Estas estrías parecen de frotamiento, aunque algunas de ellas pudieran ser de rotura. El 40% de los granos presenta también escalones semiparalelos, fracturas concoideas de distinto tamaño, estrías arqueadas y planos de exfoliación. En esta muestra no aparecen grietas ni encostramientos.

Muestra M-3. Depósito basal de Linás de Broto

Los cuarzos de esta muestra son mucho más heterogéneos que los de las precedentes. Predominan los subangulosos, habiendo pequeños porcentajes de angulosos y subredondeados. En la mayoría de los granos (del 70 al 80%) aparecen estrías paralelas poco marcadas y caras lisas con aspecto pulimentado. Un elevado porcentaje de ellos (50-70%) presentan fracturas concoideas de distinto tamaño. Son también frecuentes los granos con superficies más o menos cóncavas sobre las que aparecen depósitos silíceos, en algunos casos en forma de “flores de sílice”. Finalmente, un 10 a un 15% de los granos presentan grietas bastante profundas, microbloques y planos de exfoliación.

Muestra M-4. - Depósito superior lacustre de Linás de Broto

La muestra es, también, muy heterogénea. Entre un 15 y un 20% de los granos presentan aspecto de esquirlas, angulosos, completamente lisos y sin ninguna señal mecánica ni química; estas características, según KRINSLEY (1965), son típicas de ambientes fluvio-glaciares. Otros granos son subangulosos y sólo un pequeño porcentaje, subredondeados. La mayoría de los cuarzos tienen superficie lisa o con ligeros depósitos; solamente en algunos granos este depósito es importante, en algunos casos con tendencias euhedrales; asimismo, en la mayoría de los granos se observan estrías paralelas

Marcas superficiales encontradas.

CARAC- TERISTICAS SUPERFICIALES					
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
SUPERFICIES LISAS					
SUPERFICIES RUGOSAS CON RELIEVE					
ESCALONES PARALELOS Y SEMIPARALELOS			—		
ESCALONES ARQUEADOS	—				
ESTRIAS PARALELAS					
ESTRIAS AL AZAR	—	—	—	—	
ESTRIAS "CARIES"	—	—	—	—	
MICROBLOQUES					—
FRACTURAS CONCOIDEAS GRANDES	—			—	
FRACTURAS CONCOIDEAS PEQUEÑAS					
PLANOS DE EXFOLIACION	—			—	—
ENCOSTRAMIENTOS		—	—		—
AGRIETAMIENTOS		—			—
CORROSION	—	—		—	
PRECIPITACION SILICE AMORFA					—
PRECIPITACION SILICE EUHEDRAL	—	—			
FORMAS DE DISOLUCION		—			—
TRIANGULOS DE DISOLUCION	—	—	—		—
MUY ABUNDANTE					
ABUNDANTE					
MEDIANO					
ESCASO					
AUSENTE			—		

ANALISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES

más o menos marcadas. Otras señales mecánicas y químicas, como escalones paralelos y semiparalelos, escalones arqueados, pequeñas fracturas concoideas, microbloques, encostramientos y agrietamientos, se han observado en granos aislados. Por último debe citarse en esta muestra, junto con depósitos de sílice amorfa y euhedral, la presencia de formas de disolución e incluso triángulos de disolución a favor de antiguas grietas.

Muestra M-5. - Aluvial del río Sorrosal

Los granos son predominantemente subangulosos con pequeños porcentajes de angulosos y algunos subredondeados. Las marcas mecánicas que aparecen con mayor frecuencia son fracturas concoideas de tamaño grande y pequeño. Sigue habiendo un pequeño porcentaje de cuarzos que presentan estrías paralelas, aunque también se observan estrías "caries" (BARBAROUX, 1972) y estrías al azar, ambos caracteres indicadores de un medio fluvial. Hay granos con superficies lisas, pero también son frecuentes los que presentan caras con señales de corrosión química, aunque con menor relieve que en la muestra M-1. Son también frecuentes los escalones paralelos y semiparalelos, así como los escalones arqueados.

Discusión de los resultados

Según algunos autores, las marcas fluviales, fluvio-glaciares y glaciares son muy semejantes y no hay ninguna que sea específica de cada uno de ellos. Según otros autores (KRINLEY, BARBAROUX, etc.), existen texturas superficiales características de estos medios y la presencia de al menos cuatro de estas señales en un elevado porcentaje de granos puede ser suficiente para definir un medio.

Las marcas superficiales más frecuentes descritas en la bibliografía para el ambiente glacial y el fluvio-glacial son:

- a) Fracturas concoideas de variados tamaños.
- b) Escalones semiparalelos.
- c) Escalones arqueados.
- d) Estrías paralelas de longitud variable.
- e) Microbloques.
- f) Indentaciones irregulares asociadas a fracturas concoideas.
- g) Formas prismáticas de sílice euhedral.
- h) Planos de exfoliación.

Se ha elaborado un cuadro con las marcas superficiales encontradas en las muestras estudiadas y su frecuencia de aparición. Como puede observarse, la muestra M-1 presenta un predominio de superficies rugosas, debidas

fundamentalmente a depósitos de sílice amorfa; la bibliografía no hace referencia a esta característica y se ha interpretado como debida a la gran movilidad de la sílice, en una fase posterior a la puesta "in situ" del sedimento. El resto de las marcas coinciden con las dadas en la bibliografía para un origen glaciar.

Las marcas de la muestra M-2 son muy homogéneas y coinciden también, en líneas generales, con las descritas para un medio glaciar.

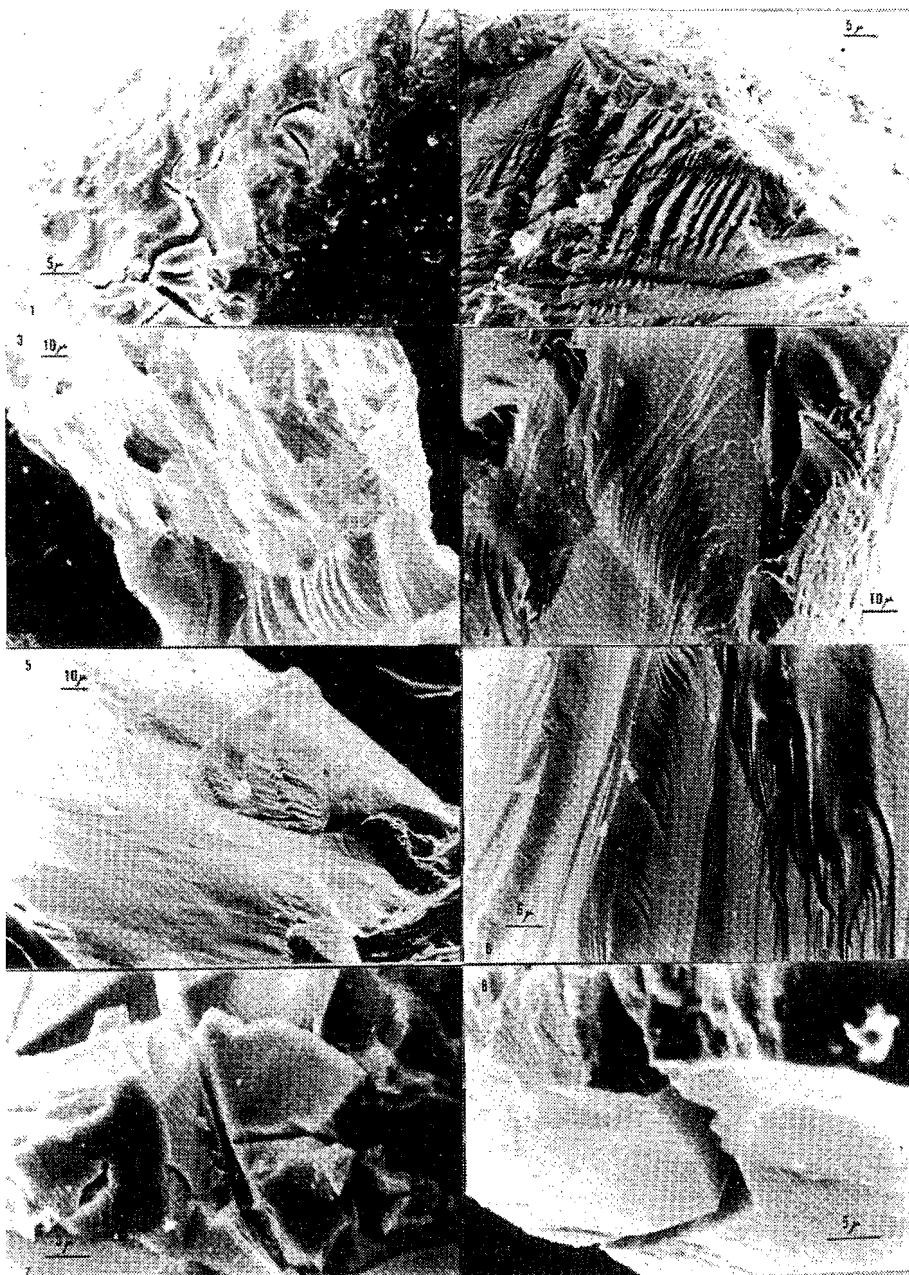
Los cuarzos de la muestra M-3 tienen también caracteres glaciares, pero aparecen con mucha más frecuencia fracturas concoideas de gran tamaño y de pequeño tamaño que no se han encontrado en el medio glaciar y sí en el fluvial (TORCAL, 1983); éstas y otras marcas confirman la poligenia de este depósito.

En la muestra M-4 vuelven a desaparecer las marcas fluviales, permanecen las glaciares y aparecen nuevas marcas. Destaca la presencia de formas de disolución y triángulos de disolución a favor de antiguas grietas, que se producen por lavado y disolución de la sílice y que se han encontrado en ambiente diagenético y edáfico, pensando en este último como más idóneo para el depósito estudiado. Hay también precipitaciones de sílice euhedral y amorfa, indicadoras de humectaciones y desecaciones periódicas.

La muestra M-5 presenta caracteres fluviales y glaciares, aunque estos últimos en menor proporción que en las muestras anteriores, apareciendo además, aunque en escaso número de granos, estrías "caries" que, según BARBAROUX (1972), indican el paso de un medio glaciar a un medio fluvial.

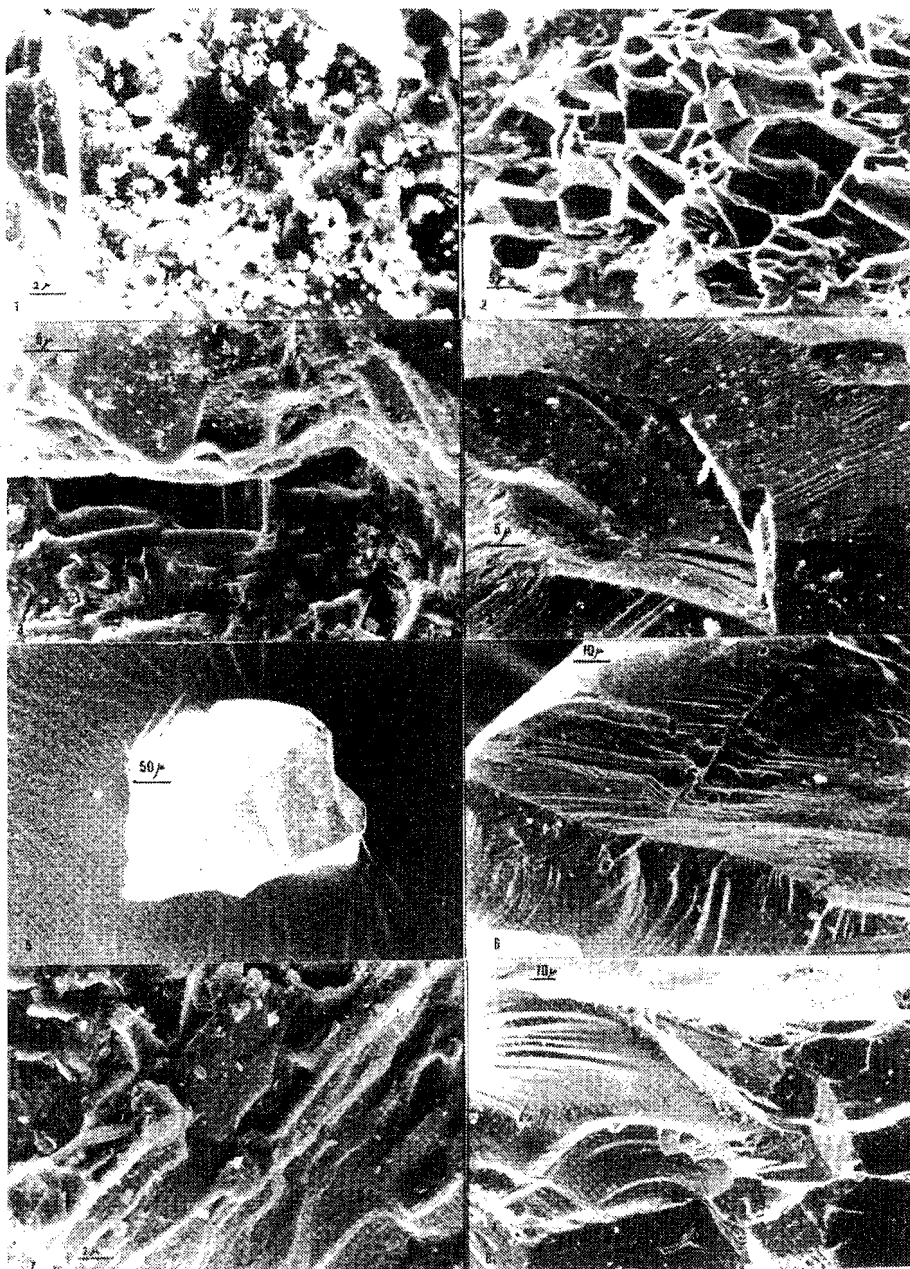
Como conclusión, podemos establecer la utilidad del M.E.B. como método para determinar la génesis de sedimentos pertenecientes a medios ambientales fríos, aunque este método deberá ser un complemento a las investigaciones de campo y sedimentológicas clásicas; asimismo, el muestreo deberá ser mucho más amplio y detallado que el que nosotras hemos podido obtener a lo largo de nuestro trabajo, donde sólo intentamos demostrar la validez de la técnica.

LAMINA I



1. Muestra 1. Till basal de Víu. Grietas producidas por la acción del hielo (x 2.000).
2. Muestra 1. Detalle de estrías de origen glaciario muy marcadas (x 2000).
3. Muestra 2. Morrena del barranco de la Sía. Detalle de estrías paralelas y huellas de inclusiones cúbicas (x 700).
4. Muestra 2. Detalle de estrías de origen glaciario (x 100).
5. Muestra 2. Estrías glaciares y escalones arqueados (x 700).
6. Muestra 3. Depósito bajo de Linás de Broto. Detalle de estriaciones (x 2000).
7. Muestra 3. Grietas producidas por el hielo (x 4000).
8. Muestra 3. Gran grieta en superficie lisa (x 3000).

LAMINA 2



1. Muestra 3. Flores de sílice sobre una cara cóncava del grano (x 5000).
2. Muestra 3. Estructura en microbloques (x 2000).
3. Muestra 4. Depósito alto lacustre de Linas de Broto. Triángulo de disolución (x 3000).
4. Muestra 4. Estrías de frotamiento y triángulos de incisión de origen glaciar (x 2000).
5. Muestra 4. Aspecto general de un grano de cuarzo, subanguloso y con caras muy lisas (x 200).
6. Muestra 4. Estrías de rotura verticales y estrías de fricción horizontales (x 1000).
7. Muestra 5. Aluvial del río Sorrosal. Estrías "caries" de origen fluvial. (x 5000).
8. Muestra 5. Escalones y fracturas concoideas (x 700).

ANALISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES

Bibliografía

- BARBAROUX, L. et al. (1972). Examen au microscope électronique á balayage de grains de sable de diverses origines. Essai de typologie, signification environnementale. *Bulletin du B.R.G.M. Deuxième série. Section IV*, n.º 4, pp. 3-31.
- CULVER, S.J. et al. (1983). Environmental discrimination based on quartz grain surface textures; a statistical investigation. *Sedimentology* 30; pp. 129-136.
- KRINSLEY, D.H. y FUNNEL, B.M. (1965). Environmental history of quartz sand grain from the Lower and Middle Pleistocene of Norfolk, England. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, Vol. 121, pp. 435-461. Pls. 36-43.
- LE RIBAUT, M.L. (1975). *L'exoscopia. Méthode et applications*. Notes et Mémoires n.º 12. Total. Compagne française des pétroles. París. 230 pp.
- MARTI BONO, C. (1975). Altos valles de los ríos Aragón y Gállego. *Trabajos Neogeno-Cuaternario*, 6: 337-343. Madrid, 1977.
- SERRAT, D.; VILAPLANA, J.M.; MARTI, C. (1981). Some depositional models in glaciolacustrine environments (southern Pyrenees). *Proceedings of the INQUA Symposia USA 1981/ARGENTINA 1982*: 231-244. Ed. Balkema. Rotterdam.
- SMART, P. y TOVEY, N.K. (1981). *Electron Microscopy of Soils and Sediments: examples*. Oxford Science Publications. 177 pp.
- TORCAL, L. (1983). *Exoscopia del cuarzo: su aplicación a la interpretación de medios actuales y subactuales*. Memoria de Licenciatura. Fac. Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid (inédito).
- WHALLEY, W.B. y KRINSLEY, D.H. (1974). A scanning electron microscope study of the surface textures of quartz grains from glacial environments. *Sedimentology*, vol. 21, pp. 87-105.

