

# APLICACION DE LA EXOSCOPIA DEL CUARZO A LA CARACTERIZACION DE DIVERSOS

## AMBIENTES EN GALICIA

GUITIAN RIVERA, F.; BARRAL SILVA, M. T.; GUITIAN OJEA F.

Departamento de Edafología  
Facultad de Farmacia. Santiago de Compostela



### RESUMEN.

Por las microformas superficiales de las arenas de cuarzo pueden reconstruirse las características químicas, mecánicas y biológicas de los ambientes en que han evolucionado.

Mediante la técnica de Exoscopia del cuarzo, que permite la observación, con el microscopio electrónico de barrido, de la morfología superficial de los granos de este mineral, se examinan los cuarzos procedentes de diversos medios edáficos y sedimentarios de Galicia identificando los caracteres fenomórficos propios de cada uno de esos ambientes.

Esta técnica se mostró particularmente útil en el reconocimiento de horizontes edáficos alóctonos y en la interpretación de la historia geológica de los sedimentos.

### RESUMÉE.

Par les microformes superficielles des arènes de quartz on peut reconstruire les caractéristiques chimiques, mécaniques et biologiques des ambiances où elles ont évolué.

Au moyen de la technique d'Exoscopie des Quartz, qui permet l'observation, au microscope électronique de balayage, de la morphologie superficielle des grains de ce mineral, on examine des quartz provenant de divers sols et sédiments de la Galice, en identifiant les caractères phénomorphiques correspondantes à chacun de ces ambiances.

Cette technique se montra particulièrement utile à la reconnaissance des horizons Edaphiques aloctones et à l'interprétation de l'histoire géologique des sédiments.

## INTRODUCCION

Dado que el cuarzo es el componente mayoritario de las arenas, sobre él se ha centrado desde hace tiempo el interés de los investigadores que han venido asociando a diversos ambientes un aspecto característico de los granos de cuarzo. El avance de las técnicas instrumentales ha permitido acercarse a los más pequeños detalles de la superficie de estos granos.

En este trabajo se presentan los primeros resultados para Galicia de la aplicación de una técnica relativamente reciente, la Exoscopia del cuarzo, que puede ser empleada como instrumento de gran utilidad en el estudio del medio físico. La geomorfología, la sedimentología, la edafología, la paleoclimatología ... , pueden obtener información por esta técnica que ya ha demostrado su utilidad en la búsqueda de recursos naturales, por ejemplo prospecciones petrolíferas .

El método se basa en el estudio por microscopía electrónica de barrido de las texturas superficiales de los granos de cuarzo, es decir de las huellas de las acciones mecánicas y químicas que han actuado sobre cada grano en los sucesivos ambientes en que éste ha permanecido. Es por lo tanto un método idóneo para reconstruir su historia, cuyos episodios se han ido escribiendo unos sobre otros en la superficie de los granos. Su interpretación requiere un buen conocimiento del efecto que cada ambiente (fluvial, marino, glacial, eólico ... ) ejerce sobre los granos de cuarzo; por ello en los últimos años se han venido seleccionando cuarzos procedentes de medios bien definidos a fin de observar las modificaciones que éstos han producido sobre los caracteres originales del cuarzo (su Genomorfía) hasta conferirle una morfología general y de detalle (Fenomorfía) propia de su estancia en ese ambiente dado.

Ya en 1880 Sorby realizó la primera clasificación sistemática de granos de arena y Cayeux , en 1929, intentó una clasificación de acuerdo con el medio de deposición basada en el calibre, forma, redondez y aspectos superficiales de las partículas. La Morfoscopía clásica nace con Cailleux en 1941, quien establece cuatro tipos fundamentales de granos, observados con la lupa binocular, cuya enumeración estadística permite

determinar el agente y, por lo tanto, el ambiente de sedimentación. Las limitaciones del instrumento de observación, la lupa binocular, se traducen en la imposibilidad de apreciar las evoluciones cuya duración hubiera sido insuficiente para modificar la forma de los granos.

Con el desarrollo del microscopio electrónico se ha podido observar de cerca la topografía superficial de los granos de cuarzo y constatar que eran trazas de choques, disoluciones y precipitaciones las que producían los aspectos picoteados, corroídos o mates que se habían venido describiendo con la lupa binocular. Los trabajos de Krinsley durante la década de los sesenta iniciaron la caracterización de los diferentes medios y el establecimiento de criterios diagnósticos para el reconocimiento de los mismos. La microscopía electrónica de transmisión utilizada presentaba algunos problemas derivados de la necesidad de emplear réplicas de las superficies, lo que impedía observar el aspecto general del grano o producía artefactos de laboratorio.

Estas dificultades han sido eliminadas en la microscopía electrónica de barrido, que permite la observación directa de los granos de cuarzo, desde pocos aumentos que nos muestran el aspecto general del grano, hasta las grandes amplificaciones que nos permiten explorar en todo detalle cada uno de los rasgos de la superficie.

Es de destacar el exhaustivo trabajo de reconocimiento de diversos medios llevado a cabo por Le Ribault cuyas observaciones, recopiladas en varios trabajos, son una guía de gran utilidad para contrastar los nuevos resultados que se van obteniendo .

## METODO DE ESTUDIO

### Preparación de las muestras:

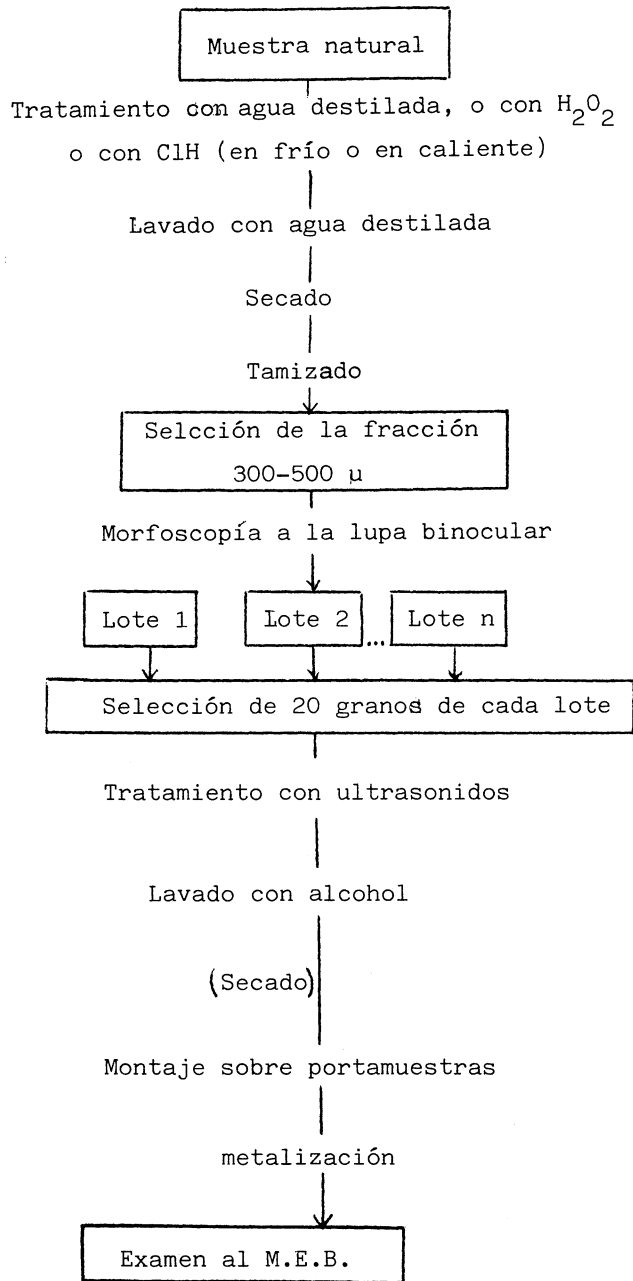
El procedimiento seguido en la preparación de las muestras se ajusta fundamentalmente al propuesto por Le Ribault(1977), y es el que se indica a continuación :

- Lavado de la muestra con agua. Si es necesario se trata con agua oxigenada (para eliminar la materia orgánica), con ácido clorhídrico en frío (para eliminar los carbonatos), o en caliente (para eliminar los óxidos de hierro). Siempre que sea posible se usará solo agua, pues los tratamientos químicos pueden producir la modificación de los depósitos silíceos.
- Lavado con agua destilada. Secado.
- Tamizado : se selecciona la fracción comprendida entre 300 y 500 micras, pues en ella se aprecia por igual la acción de los factores químicos y físicos, lo que da fiabilidad a las interpretaciones y facilita la comparación entre diferentes muestras.
- Se estudia esta fracción con la lupa binocular, seleccionando lotes de cuarzos morfológicamente diferentes (pueden seguirse las clasificaciones empleadas en morfoscopía).
- Una veintena de granos de cada lote, cogidos al azar, se someten a ultrasonidos, durante un tiempo muy breve (15-30 segundos) para evitar la aparición de trazas de choque debidas a este tratamiento.
- Lavado con alcohol . Secado .
- Pegado de los granos sobre un portamuestras metálico, con ayuda de cemento de grafito.
- Metalización en atmósfera residual de argón con oro-paladio, hasta lograr un espesor de recubrimiento de 200 Å .

#### Observación al M.E.B.

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido , ISI Super III A , de 60 Å de resolución y posibilidad de amplificación entre 50 y 100000 aumentos . En algunos casos se realizó la identificación de recubrimientos e inclusiones con un equipo de microanálisis Kevex 7007 de fluorescencia de RX (Dispersión de Energías).

Conviene hacer una prospección sistemática de las partes más características de la morfología de los granos: cimas, caras planas y depresiones. Las primeras son las partes más expuestas a los choques y a las disoluciones, y sus caracteres revelan el último episodio evolutivo, a condición de que éste no represente un medio en el que el grano estuviese inmovilizado. Las caras planas están mucho menos expuestas a los choques y



Procedimiento seguido en la preparación de las muestras .

en ellas pueden conservarse las marcas de evoluciones anteriores. Las depresiones son los lugares más resguardados de la erosión y en general están poco afectadas por las disoluciones, por lo que en su interior pueden albergar las trazas de episodios muy antiguos, especialmente las de tipo químico.

Un problema que se plantea es el de la significación estadística de los resultados de la Exoscopia. La observación con el microscopio electrónico de barrido no es adecuada para el examen de un número muy elevado de granos tal como es práctica usual en la morfoscopia. Para extender los resultados de la observación a un número de granos que sea lo más representativo posible del conjunto de la muestra, sin complicar el método en exceso, pueden aplicarse aproximaciones tales como la propuesta por Le Ribault (1977), que consiste en la observación y contaje con el microscopio fotónico de 200-300 granos, tomando como hipótesis que a una morfología dada corresponde siempre la secuencia de caracteres que han sido determinados con el SEM sobre granos con el mismo aspecto.

#### ALGUNOS EJEMPLOS DE APLICACION DE LA EXOSCOPIA DEL CUARZO EN LA CARACTERIZACION DE ALGUNOS MEDIOS EDAFICOS Y SEDIMENTARIOS DE GALICIA .

Hemos aplicado esta técnica al estudio de las arenas de algunos suelos y sedimentos de Galicia. En unos casos nos interesaba comprobar los efectos de un ambiente bien caracterizado sobre las texturas superficiales de los cuarzos; en otros casos la exoscopia del cuarzo podía ayudar a comprender la génesis de una formación superficial determinada.

La situación y una breve descriptiva de las muestras analizadas acompañan a las láminas de fotografías con las observaciones, así como una discusión sobre la información que puede ser deducida a las mismas.

TYPIC HAPLORTHOD

Ubicación ..... Ladera norte del Monte Pico Sacro (530m)  
hoja topográfica 121 (La Estrada).  
Altitud ..... 390 m.  
Poasición fisiográfica ..... Ladera  
Forma terreno circundante ..... Colinado  
Pendiente ..... Clase 5 (escarpada)  
Vegetación ..... Brezal de tojo y erica  
Clima ..... Datos correspondientes al observatorio  
de Santiago de Compostela y Labacolla.  
Material de partida ..... Coluvios de cuarzo sobre paragneis  
Drenaje ..... Clase 5, algo excesivamente drenado  
Pedregosidad ..... Clase 3  
Afloramientos rocosos..... Clase 4, extremadamente rocoso  
Evidencia de erosión ..... Acumulación de ladera.

El perfil presenta un horizonte A1 con abundante materia orgánica, por debajo de éste un horizonte eluvial A2 arenoso, casi sin materia orgánica, situado sobre un horizonte spódico bien desarrollado formado por dos subhorizontes : un Bh de acumulación de materia orgánica y un Bir de acumulación de óxidos de hierro. Los horizontes superiores son fuertemente ácidos, aumentando el pH en profundidad.



Lámina nº 1



(Lam. 1)

Fig. A.- Superficie de un grano de cuarzo del horizonte A1. Se observan figuras de frotamiento muy numerosas con el aspecto característico de "croissants" encajados y orientados en varias direcciones (10000 x).

Fig. B.- Visto con mayor detalle, algunas figuras de frotamiento aparecen agrupadas siguiendo direcciones subparalelas (1). El número y la densidad de las trazas indican una evolución prolongada en un medio de fuertes presiones (15000 x).

Fig. C.- Figuras de disolución en la superficie de un cuarzo del horizonte eluvial A2 . Se distinguen de las trazas de choque por su forma de triángulo isósceles con los ángulos homólogos iguales cualquiera que sea su talla y con la misma orientación dentro de una cara cristalina (2000 x) .

Fig. D.- El progreso de la disolución transforma las figuras triangulares en pirámides inscritas en hueco y encajadas unas en otras, que son expresión del edificio cristalino que es afectado por la disolución . (5000 x) .

## Discusión

De las figuras anteriores pueden deducirse varias conclusiones:

La primera es confirmar el carácter alóctono del material de partida de este perfil. Las intensas acciones mecánicas reconocibles sobre los cuarzos del horizonte A1 indican que éstos han llegado a ese horizonte después de haber evolucionado en un medio de alta energía, especialmente caracterizado por fuertes presiones. El agrupamiento de las figuras de frotamiento es frecuentemente interpretado como indicador de transporte glaciario pero dada la situación de este perfil no podemos considerar aquí un transporte de esa naturaleza; otra posibilidad es que estas marcas de fricción se hayan originado bien en la cabecera de torrentes o por un transporte en masa de materiales con elementos gruesos, que habría de ser prolongado en el tiempo o repetido durante varios ciclos, para producir una densidad tan grande de estas marcas.

Una segunda conclusión se refiere a las características químicas de este suelo, clasificado como Spodosol. Las figuras de disolución de los cuarzos del horizonte eluvial indican una importante pérdida de sílice. Según algunos autores estas pirámides de disolución o "triangular etch pits" son características de la podogénesis tropical (Fauck, 1980; Leneuf, 1972) y en los países templados no podrían observarse con igual nitidez (Flageollet, 1977); sin embargo otros autores (Legigan, P., Le Ribault, 1974) las citan en horizontes A1 y A2 de podsoles, lo que está de acuerdo con nuestra propia observación.

Crook (1968) atribuye la disolución del cuarzo en suelos a percolados ricos en moléculas orgánicas que solubilizarían la sílice por complejación. De este modo la disolución del cuarzo en este suelo sería una consecuencia más de la fuerte complexolisis que caracteriza al proceso de podsolización, incrementándose la solubilidad de la sílice por la formación de complejos Si-molécula orgánica, lo que puede llegar a reducir considerablemente la estabilidad del cuarzo.

Situación ..... Estaca de Bares (La Coruña) a 300 m.  
 del faro.  
 Altitud ..... 80 m.  
 Topografía ..... Ondulada  
 Orientación ..... E.  
 Pendiente ..... Clase 2, suavemente inclinada  
 Roca madre ..... Granodioritas  
 Drenaje ..... Clase 4, bien drenado  
 Vegetación ..... Brezal degradado de Ulex europeus

El perfil presenta un horizonte A11 con abundante materia orgánica, con muchas arenas de cuarzo y mica lavadas, que pasa gradualmente al horizonte inferior A12 de características similares al anterior. El conjunto de ambos horizontes tiene un espesor de 60 cm. y está netamente separado de los horizontes subyacentes por una línea de piedras de granodiorita. Bajo ésta se extiende un horizonte B, que pasa gradualmente al horizonte C resultado de la alteración de la roca in situ.

Los datos del perfil, especialmente los mineralógicos reflejan una clara discontinuidad entre los horizontes superiores y los inferiores a la línea de piedras. En la fracción arena ligera de los dos horizontes superiores predomina el cuarzo, que aparece al microscopio óptico como granos redondeados y de tamaño bastante uniforme .



Lámina nº 2

( Lam. 2 )

Fig. E.- Aspecto general muy redondeado de los cuarzos del horizonte A12 (350 x) .

Fig. F.- Con mayores aumentos se aprecian en la superficie numerosas trazas de choque (500 x) .

Fig. G.- Cúpula de choque. Este tipo de trazas se producen en medios de alta energía y son especialmente características de la evolución en medio eólico. El interior de la cúpula presenta también marcas de choque (3500 x) .

Fig. H.- Cuarzo automorfo del horizonte B. Las caras del cristal no están afectadas por trazas de choque lo que prueba que este cuarzo no ha experimentado ningún tipo de transporte (350 x) .

#### Discusión .

El acusado redondeamiento de los cuarzos en los horizontes situados por encima de la línea de piedras se debe claramente a un modelado por el viento (sin excluir que algún episodio marino haya contribuido al pulido de las superficies) y probablemente ha sido este mismo agente el que ha transportado esos materiales hasta la posición en que ahora se encuentran.

Por el contrario el cuarzo del horizonte B no ha experimentado ningún tipo de transporte y procederá de la disgregación de la roca in situ .

### Roupar - 1

Situación ..... Roupar (Lugo), al NE de la cuenca terciaria del mismo nombre, en la carretera de Roupar a Carrizo. Hoja Topográfica nº 23 (As Pontes de García Rodríguez).

Altitud ..... 280 m.

Topografía ..... Ondulada

Posición Fisiográfica..... Ladera

Pendiente ..... Inclinado

Orientación ..... Norte

Drenaje ..... Lateral

Sedimento constituido por una capa arenosa intercalada entre dos capas de textura más arcillosa, con abundantes separaciones de hierro de forma laminar y tubulares.

Los cuarzos estudiados corresponden a la capa arenosa. Esta presenta una distribución granulométrica bimodal con dos máximos correspondientes a la arena media y a la arcilla. Examinadas por separado las arenas presentan una distribución en "S", con mediana de 0,500 mm. y muy buen calibrado ( $S_o = 1.16$ ).

### Roupar - 2

Situación ..... La misma que el perfil anterior.

Altitud ..... 263 m.

Topografía ..... Ondulada

Posición fisiográfica..... Valle

Pendiente ..... Clase 2, suavemente inclinado

Orientación ..... N

Drenaje ..... Clase 2, algo imperfectamente drenado (nivel freático aproximadamente a dos metros de la parte superior del perfil)

Este depósito se encuentra en posición inferior en la ladera respecto al perfil anterior. La parte visible es arenosa y presenta separaciones laminares de hierro, algunas de gran espesor.

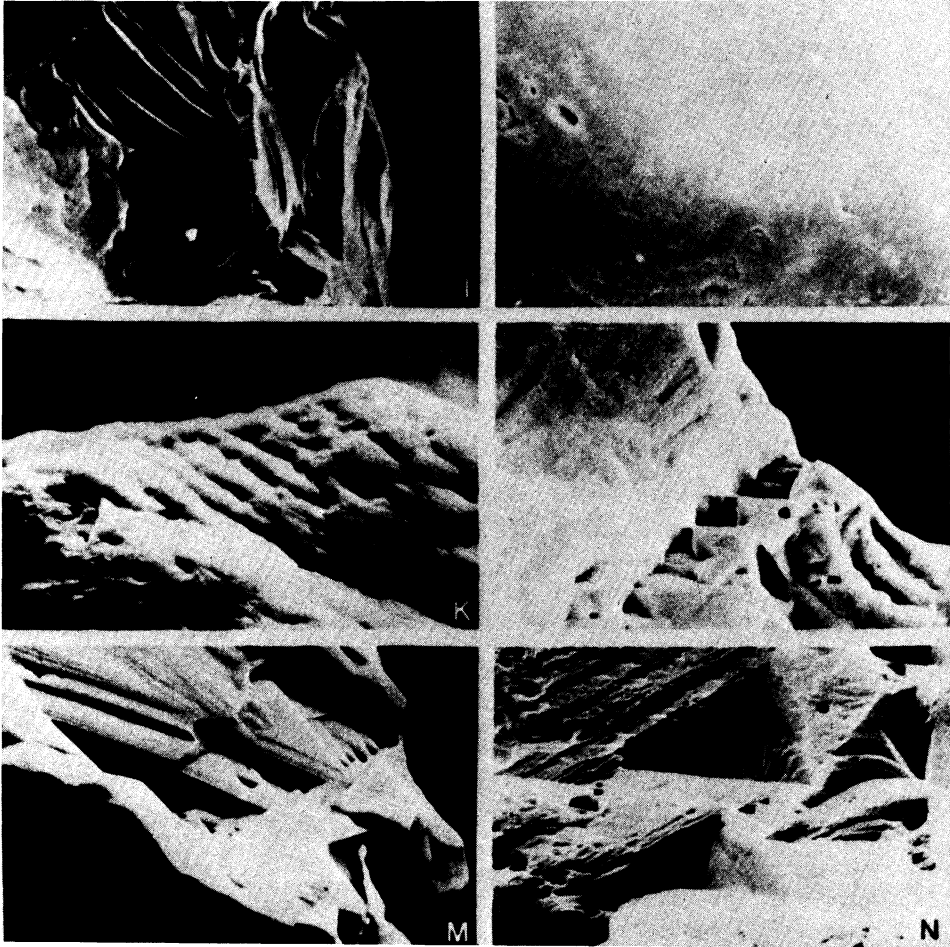


Lámina nº 3

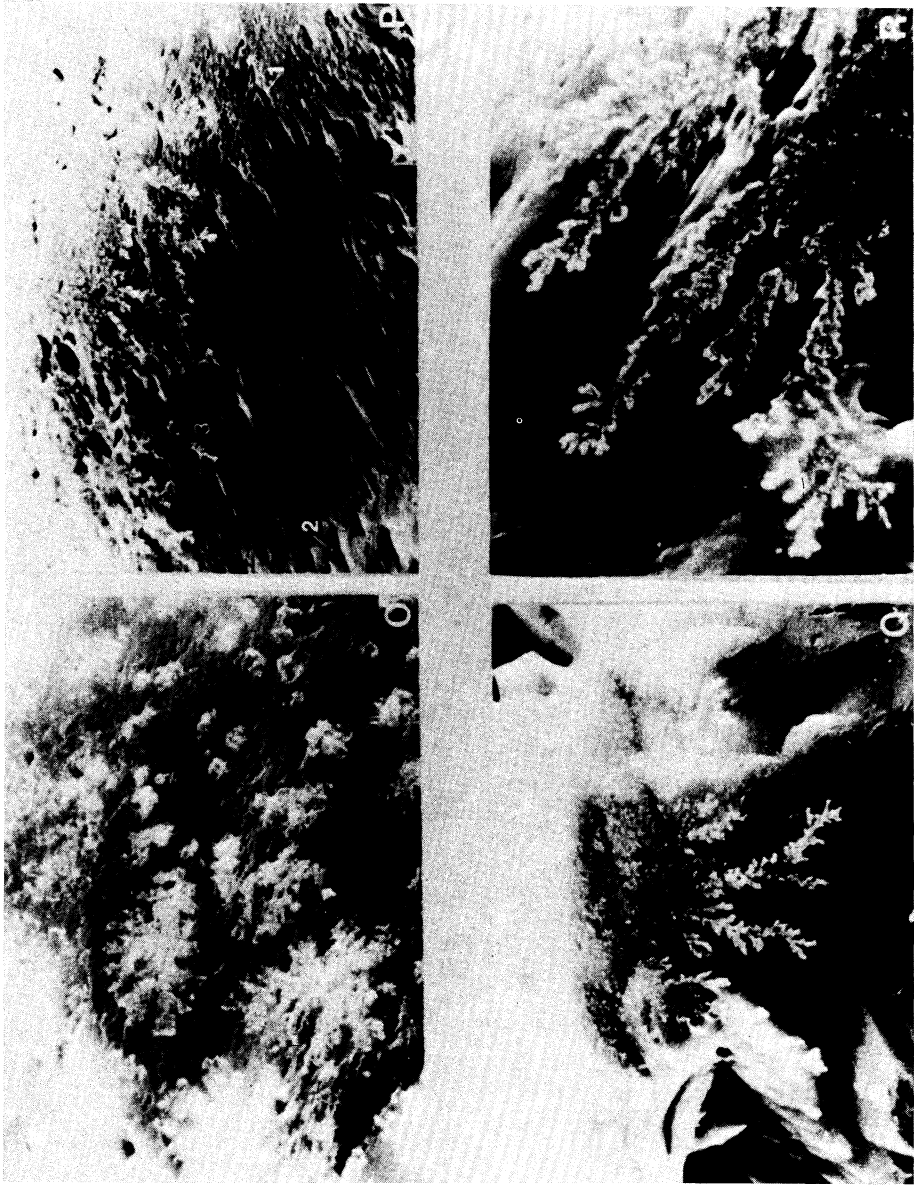


Lámina nº 4



Roupar - 1 (Lam.3)

Fig. I.- Fracturas concoidales con cizallas (1) afectando a una superficie algo suavizada ( 250 x) .

Fig. I.- Trazas de choque, fundamentalmente "croissants" , explotadas por la disolución .

Fig. K.- Cizallas afectadas por una posterior disolución (1000x)

Fig. L,M,N .- Figuras de disolución ; son el rasgo dominante en todos los cuarzos examinados .

Roupar -2 (Lam.4)

Fig. O.- Trazas de choque (1) y numerosas figuras de disolución (2) que explotan las marcas de choque preexistentes.Sobre ambos tipos de rasgos se extienden depósitos de sílice (3) (1500x).

Fig. P,Q,R,- Las flores de sílice vistas con mayor detalle .

## Discusión

### Roupar-1

Aunque la génesis de este depósito no ha sido aún establecida con claridad, hasta el momento hemos considerado como hipótesis más probable que su origen sea lacustre y que esté vinculado, geográficamente y en época de deposición , con la cuenca terciaria de Roupar.

De la exoscopia de los cuarzos se deduce que después de haber experimentado un transporte en medio acuático que ha producido diversas trazas de choque, las arenas de este depósito han estado sometidas a condiciones de fuerte disolución de sílice. Situar en el tiempo ambos acontecimientos es mucho más difícil. La intensa disolución de sílice puede haber ocurrido bajo diversas circunstancias:

- Un clima de tipo tropical o subtropical, que podría ser contemporáneo de la formación del depósito , si el origen antes sugerido es el correcto.
- Un medio podsolizante, del que existen testimonios actuales en suelos próximos a este perfil.
- Un incremento de la solubilidad de la sílice por efecto del hidróxido de hierro coloidal que recubre muchos de estos cuarzos, que según hipótesis sugerida por Cailleux (1941) , pueden favorecer el ataque químico de los cuarzos por la formación de ácidos ferro-silícicos.

### Roupar-2

Con posterioridad a las disoluciones , los cuarzos de este depósito han estado sometidos a condiciones de supersaturación en sílice que han dado lugar a la aparición de precipitados con morfología de flores de sílice. Este fenómeno es común en horizontes pedogenéticos de acumulación en que soluciones percolantes, que se infiltran con lentitud y se renuevan escasamente conducen a la formación de estos depósitos de sílice cristalizada . El agua freática que afecta a la parte inferior del perfil puede ser en este caso la que aporte la sílice que luego precipita .

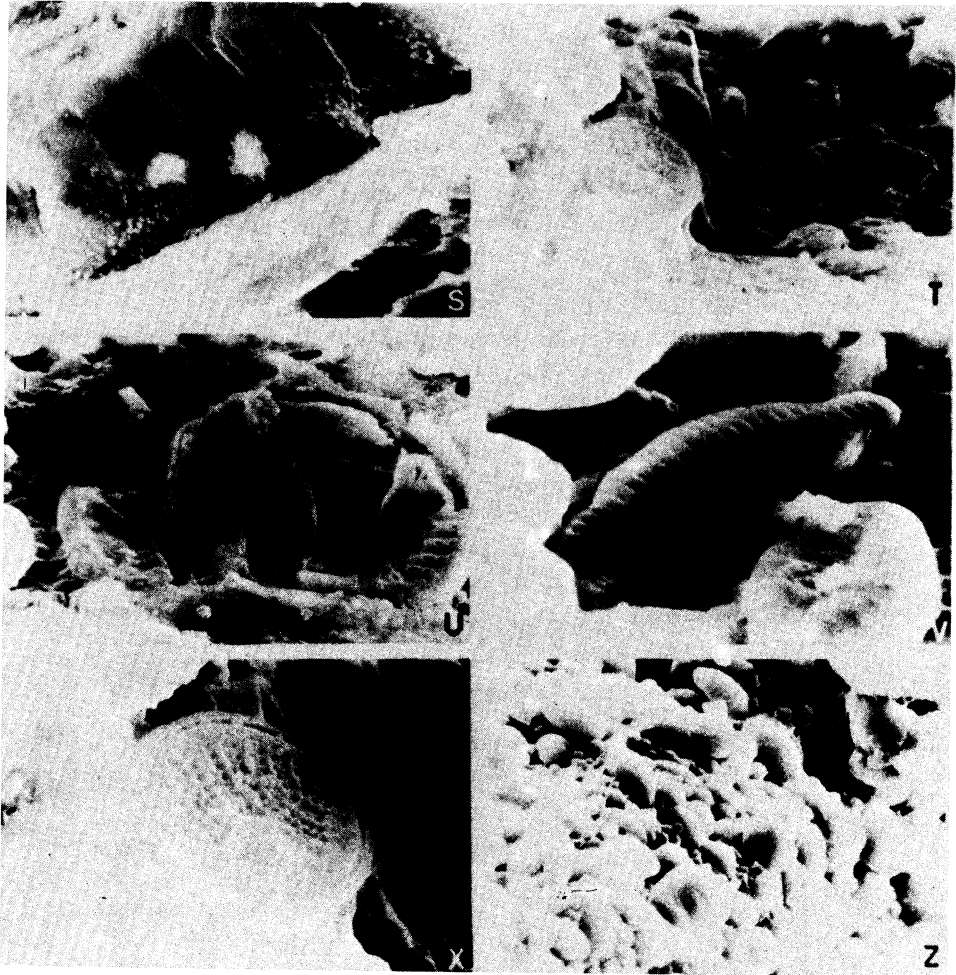


Lámina nº 5

Laguna de Lucenza ( Lam.5 )

Situada en la Sierra de O Caurel , al sur de Formigueiros (1643 m) , tiene forma elíptica con unos 180 m de eje mayor y 90 m. de eje menor, y una única salida hacia el sur. Está prácticamente colmatada y solo en invierno es realmente una laguna. El sondaje realizado alcanzó 5,25 m. y el material extraído es turboso, descompuesto en profundidad y con un contenido en arcilla bastante elevado.

Su origen glaciar parece completamente confirmado tanto por su situación como por el sistema de drenaje de la laguna, pudiendo encajarse dentro de los fenómenos glaciares y periglaciares que han afectado a las altas cumbres de O Caurel .

Fig. 1.- Depósitos, posiblemente de materia orgánica, dentro de una superficie protegida (2500 x).

Fig. 2.- Diatomeas parcialmente recubiertas por depósitos de sílice. Aún estando rotas no se han separado, lo que prueba la débil agitación del medio ( 500 x )

Fig. 3 y 4 .- Diatomeas vistas con mayor detalle (5000 x,10.000 x )

Fig. 5.- Formas globosas que posiblemente corresponden a bacterias (1000x)

Discusión.

Los rasgos más sobresalientes de los cuarzos examinados corresponden a su deposición en un medio acuático de baja energía y a una evolución de tipo edáfico que se superpone a la anterior (bacterias, glóbulos de materia orgánica) lo que está de acuerdo con su situación actual de turbera casi colmatada .

## BIBLIOGRAFIA.

- ASENSIO AMOR, I.; TEVES RIVAS, N. (1964) - Identificación de facies arenosas. Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. Tomo 62, 111-120.
- ASENSIO AMOR, I. (1970) - Rasgos geomorfológicos de la zona litoral galai-co-asturica en relación con las oscilaciones glacio-eustáticas. Estudios geológicos, vol. 26, nº 1, 29-92.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. (1959) - Initiation à l'étude des sables et des galets .3 tomos. Centre de Documentation Universitaire. Paris.
- DIAZ-FIERROS VIQUEIRA, F.; PAZ GONZALEZ, A. (1978) - Iniciación al estudio de los suelos de la "Rasa cantábrica": suelos desarrollados sobre sedimentos arenosos. Trabajos Compostelanos de Biología; vol. 7.
- FRIEDMAN, G.M. (1962) - Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Jour. Sed. Petrol., 31, 4, 514-529
- HERNANDEZ PACHECO, F.; ASENSIO AMOR, I. (1960) - Materiales sedimentarios sobre la Rasa Cantábrica II. Tramo comprendido entre la ría de Foz y el casco urbano de Burela. Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. Tomo 58, 78-84
- HERNANDEZ PACHECO, F.; ASENSIO AMOR, I. (1963) - Materiales sedimentarios sobre la Rasa Cantábrica. V. Tramo comprendido entre el valle del río Porcia y la ría del Eo. Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. 57, 89-120.
- I.G.M.E. - Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, Hoja 10 (Ribadeo)
- LE RIBAUT, L. (1975) - L'Exoscopie. Méthode et applications. Notes et Mémoires. Total, Compagnie Française des Pétroles. Paris.
- LE RIBAUT, L. (1977) - L'Exoscopie des Quartz. Ed. Masson. Paris.
- SOARES DE CARVALHO, G. (1953) - Les sédiments Pliocènes et la morphologie de la région d'entre Vouga et Mondego (Portugal). Memorias e Noticias, nº 34, 13-28.