

Sílex «tobáceos» en el Mioceno inferior continental (provincia de Cuenca). Un ejemplo de silificaciones de paleosuelos en ambiente de lago-playa

por

M.^a de los Angeles Bustillo Revuelta (*) y Margarita Díaz Molina ()**

RESUMEN.

Los sílex con estructura tobácea aparecen con relativa frecuencia en el terciario continental que aflora al E. de la sierra de Altomira. Alcanzan un gran desarrollo al techo de la "unidad detrítica superior" entre las poblaciones de Huete y Garcinarro.

Estos sílex tobáceos se originan por reemplazamiento de yesos que poseen una estructura "tubular". La estructura "tubular" se caracteriza por la disposición concéntrica de los cristales de yeso alrededor de un eje vertical y se interpreta como rizocreciones.

El aspecto petrográfico más importante de estos sílex es la presencia de esporas incluidas dentro de ellos y la existencia de corpúsculos formados por materia orgánica y sílice. En el comienzo de la silificación, las substancias orgánicas originadas por la actividad vegetal son incorporadas a las disoluciones síliceas, se forman puntos de sobresaturación y precipitan los corpúsculos síliceo-orgánicos.

La sustitución se da en paleosuelos relacionados con un ambiente de lago-playa.

ABSTRACT.

In the continental Tertiary sequences outcropping East of the sierra de Altomira tuffaceous chert is a common feature. Particularly at the top of the "unidad detrítica superior" exposed between the localities Huete and Garcinarro, this rock-type is widely developed.

The cherts are considered as originating from replacement of gypsums in "tubular" facies made up originally of lenticular gypsum crystals arranged concentrically around a vertical axis. Such structure is typically found in rhyzocretions.

A salient petrographic feature of these cherts is the presence of included spores and minute organic-siliceous corpuscles. The latter are thought to have formed during the early stage of silicification.

The tobaccoeous chert is probably developed in relation to paleosoils in a playa-lake environment.

INTRODUCCIÓN.

Los nódulos y masas botroidales de sílice son muy frecuentes en sedimentos continentales evaporíticos, cuando las áreas madres circundantes han sufrido en

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

(**) Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, Madrid-3.

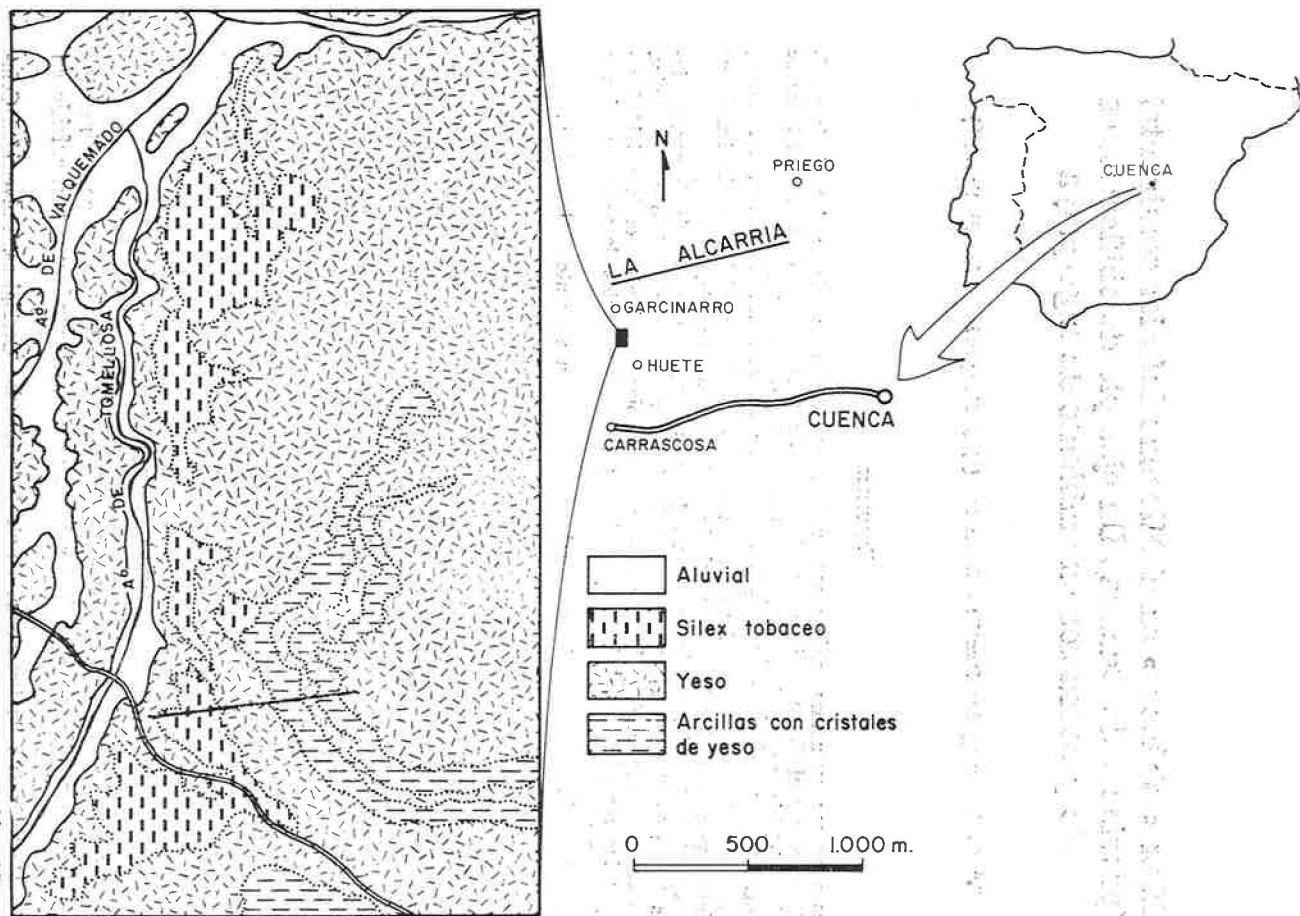


Fig. 1.—Situación geográfica y esquema cartográfico en el que se ha señalado con trazo continuo la situación de la serie estratigráfica representada en la figura 2. El esquema cartográfico abarca una pequeña parte de las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 de Almonacid de Zorita (585) y de Huete (608).

algún momento un proceso de alteración hidrolizante (MILLOT, 1967; LÉCRAIRE, 1974).

En la cuenca del Tajo desde antiguo se ha citado la presencia de rocas silíceas de diferentes características. De los distintos tipos petrológicos definidos en esta cuenca, los sílex con estructura tobácea, denominados anteriormente *traverfínicos*, son *relativamente escasos* (BUSTILLO, 1976). Sin embargo, al E. de la sierra de Altomira adquieren un gran desarrollo, tanto en volumen como en extensión superficial, y aparecen con relativa frecuencia a lo largo del tiempo.

En este trabajo se realiza un estudio petrológico de los sílex tobáceos con objeto de establecer su génesis. El origen y significado de este tipo de roca era desconocido.

Situación geográfica y geológica.

El área elegida para este trabajo está situada en la provincia de Cuenca, entre las poblaciones de Huete y Garcinarro (fig. 1). El muestreo para el estudio petrológico se ha realizado sobre una serie estratigráfica (fig. 2), cuya situación está indicada en la figura 1.

Entre la sierra de Altomira y la Cordillera Ibérica, sobre el yacente mesozoico de origen marino se han distinguido, en base a criterios litológicos y estructurales, cuatro unidades formadas por sedimentos continentales (DÍAZ MOLINA, 1974; DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, 1979). Nuestro trabajo ha sido realizado en facies fundamentalmente evaporíticas (fig. 2), lateralmente equivalentes al techo de la "unidad detrítica superior". En estas facies evaporíticas se habían citado nódulos de sílex y concretamente los de estructura tobácea (DÍAZ MOLINA, 1978).

La "unidad detrítica superior" comprende parte del Arvernense y el Ageniense (DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, 1979). Los sedimentos considerados son de edad ageniense, ya que en el sector de Huete (fig. 1) el límite entre ambas edades de mamíferos se realiza por debajo de las facies predominantemente evaporíticas (DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, o. c.).

Litofacies.

El establecimiento de la litofacies se ha hecho coordinando los datos de campo, mineralógicos por difracción de rayos X y petrográficos.

En la serie representada en la figura 2a, existen tres grandes grupos litológicos, las arcillas con cristales lenticulares de yeso, los yesos y el sílex.

En las arcillas hay cristales de yeso de tamaño variable y tienen a veces pequeñas cantidades de carbonatos.

En los yesos se pueden diferenciar cuatro litofacies:

1. Sacaroidea, a veces mezclada con dolomita.
2. Tubular.
3. Nodulosa.
4. Macrocristalina.

1) Los sacaroideos son yesos micro y mesocristalinos con diversos hábitos, aunque predominan las formas lenticulares. El tamaño de los cristales varía entre 50 y 750 μ ; sin embargo, aleatoriamente aparecen macrocristales de yeso debido a procesos de cementación y recristalización. Constituyen rocas deleznable, aunque en el tercio inferior de la serie son algo más compactas por presentar hasta un 60 % de dolomicrita. Pueden estar o no estratificadas; los planos de estratificación a veces son continuos, pero generalmente se pierden lateralmente.

Al microscopio, la litofacies de yeso y dolomita se presenta como una dolomicrita en la que aparecen dispersos una alta proporción de cristales lenticulares de yeso (entre 60 y 600 μ de tamaño). Cuando la proporción de carbonatos es pequeña (20-30 %), entonces se diferencian zonas exclusivamente yesíferas donde ya no sólo aparecen cristales lenticulares, sino que también puede haber mosaicos de cristales anhedrales de tamaño variable.

En ocasiones, es también factible observar cómo en la dolomicrita se dibujan restos de fauna (caráceas, fig. 3, y ostrácodos?) que están rellenos por yeso.

Este tipo petrológico alguna vez presenta las estructuras tubulares.

2) Los yesos con estructura tubular se han denominado así porque en el campo se diferencian una serie de tubos verticales adosados, cuya estructura interna son láminas algo cóncavas, formadas por alineaciones de cristales de yeso (fig. 4).

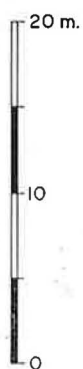
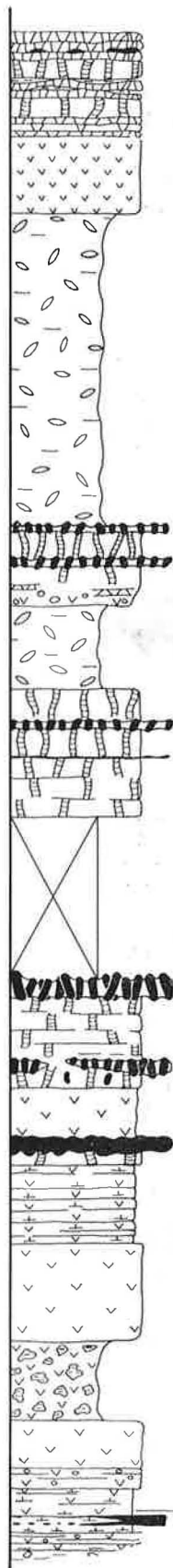
La observación en lámina delgada de una sección transversal pone de relieve que los cristales lenticulares se disponen en anillos concéntricos, originando formas esféricas. Una sección longitudinal da una visión como la expresada en la figura 5. Es decir, los cristales lenticulares que tienen su eje mayor relativamente perpendicular a las paredes del tubo se alinean y dibujan una curva hacia la base del tubo. Esta disposición de los cristales nos hace pensar en un striotubulo (BREWER, 1964) sobre yesos, donde el concepto de "grano de esqueleto" es cambiado por el concepto de "cristal". Tal interpretación es también hecha por PLAZIAT (1975), para estructuras semejantes.

3) La litofacies de yeso noduloso se caracteriza a simple vista por presentar círculos irregulares de diámetro inferior a 1 cm. y de color blanco, que destacan sobre un fondo pardo.

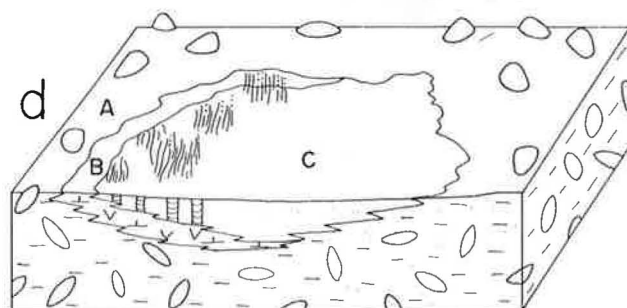
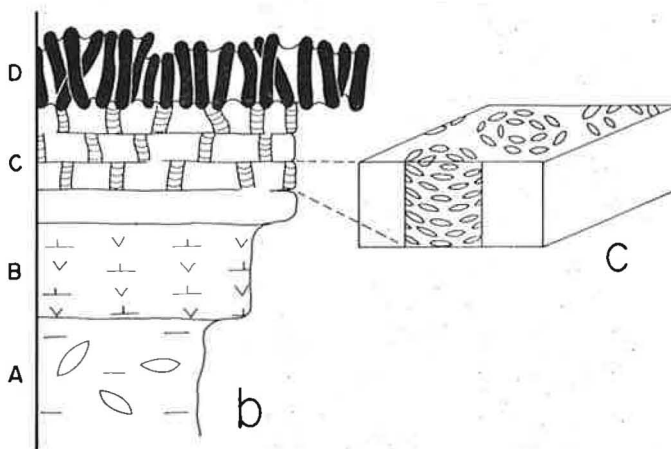
El tipo noduloso al microscopio se diferencia esencialmente del tubular por presentar en una misma lámina mayor variedad de hábitos, ya que en el tubular los cristales de yeso eran casi exclusivamente lenticulares.

El nódulo, como tal, está formado esencialmente por un mosaico equigranular de pequeños cristales subhedrales y anhedrales (30 μ a 60 μ lo más frecuente) de bordes definidos y extinción en ocasiones ondulante. Alrededor del nódulo aparecen cristales lenticulares, o elongados, a veces maclados, que se orientan

Fig. 2.—a, Serie estratigráfica que corresponde a parte del techo de la unidad detrítica superior. b, Secuencia litológica ideal en la que los yesos son representados por la facies tubular. c, Disposición de los cristales lenticulares de yeso en el interior de los "tubos". d, Esquema paleogeográfico en el que se representa la distribución horizontal y vertical de las facies litológicas de la sucesión ideal (b, en esta figura).



a



-  SILEX TOBACEO
-  SILEX BOTROIDAL
-  YESO TUBULAR
-  YESO MACROCRISTALINO
-  YESO SACAROIDEO
-  YESO SACAROIDEO CON FANGO DOLOMITICO
-  YESO SACAROIDEO QUE ENGLOBA FRAGMENTOS DE ARCILLAS
-  YESO ALABASTRINO
-  YESO NODULOSO
-  ARCILLAS CON CRISTALES DE YESO
-  ARCILLAS
-  TRAMO CUBIERTO
-  CAROFITAS

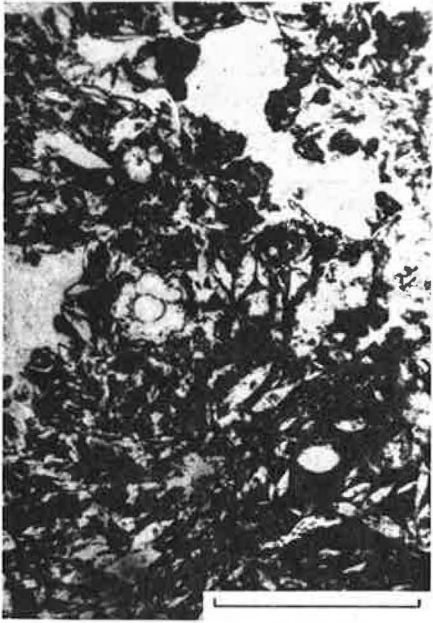


Fig. 3.—Dolomicrita con cristales lenticulares de yeso y restos de carofitas. Nícoles paralelos. La escala mide 1 mm.



Fig. 4.—Yeso de estructura tubular. La fotografía muestra una sección oblicua a la estratificación. En el interior de algunos "tubus" se puede observar su relleno a base de láminas cóncavas.

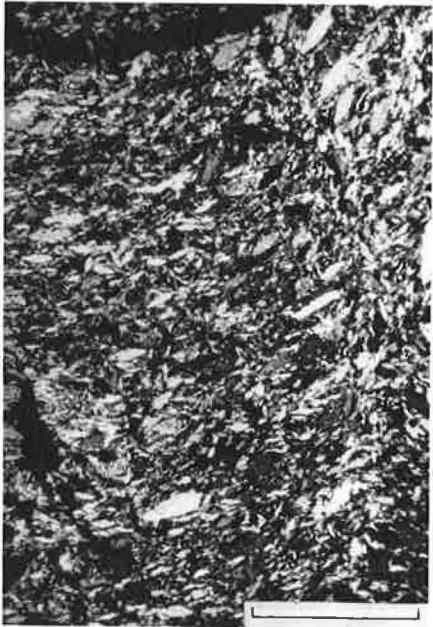


Fig. 5.—Sección longitudinal de la es-

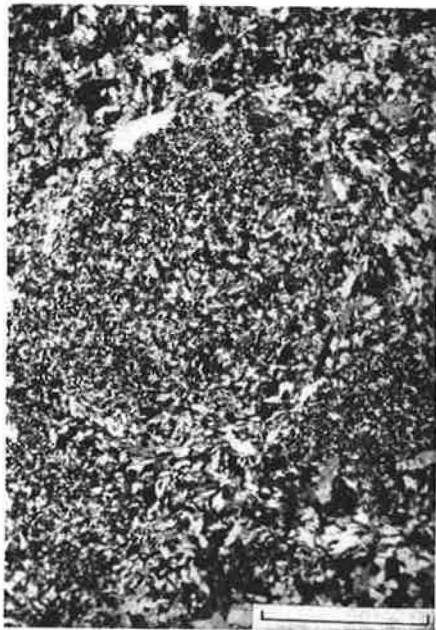


Fig. 6.—Litofacies nodulosa. Se advierte

rodeando al núcleo (fig. 6). En ocasiones esta parte central o núcleo tiene microestructura porfirítica (ORTI CABO, 1977) al definirse dos tipos de tamaños de cristales.

En algún nivel sucede que sobre la litofacies nodular aparece alguna estructura tubular, y ambos tipos se mezclan, haciendo difícil su distinción.

4) Los yesos macrocristalinos se presentan en capas onduladas de geometría irregular. A pesar de tener mayor tamaño (entre 150μ y 2 mm.), su forma es también lenticular. Sin embargo, en el techo de la serie (yesos alabastrinos) varían de forma, tratándose de cristales anhedrales de bordes interpenetrados. No tienen ningún resto de anhidrita y su génesis puede ser altamente discutible.

Los sílex son de dos tipos, masivos o botroidales y tobáceos (fig. 7). Estos últimos están formados por tubos verticales a subverticales (fig. 8), no ramificados, dispuestos en una apretada empalizada en la que quedan huecos que están en ocasiones rellenados por yeso. Constituyen masas que a veces tienen más de 1 m. de altura y de anchura, con vestigios de planos de estratificación. Su techo y muro pueden ser muy irregulares. No forman nunca niveles continuos, aunque se disponen a lo largo de horizontes estratigráficos bien definidos (fig. 1). La semejanza de su estructura con la del yeso de litofacies tubular nos ha conducido a estudiar la relación genética entre ambos. Para ello se ha realizado un estudio detallado de los caracteres petrológicos de los sílex.

Caracteres petrológicos de los sílex botroidales y tobáceos.

El primer aspecto a resaltar es que se producen por un proceso de silicificación a partir de cada una de las rocas definidas anteriormente, a excepción de las arcillas. Esto se confirma por haber conservado la estructura del material del que provienen y en muchos casos todavía impurezas del mismo.

El estudio textural y mineralógico de estos sílex va a revelar que sus características son en gran parte consecuencia del material del que derivan por sustitución. En este sentido son interesantes las observaciones realizadas en los sílex masivos de la base de la columna. En algunos de ellos todavía queda dolomicrita, porque han sido los cristales de yeso lenticular los primeros en silicificarse. La reproducción completa de la morfología de los cristales de yeso hace posible observar la disposición inicial de éstos y ver que no presentan ninguna orientación que nos indique que había antes una estructura particular (tubular o nodular). De esta manera, se puede asegurar que si la roca inicial no poseía estructura al silicificarse da un sílex botroidal.

Los fangos dolomíticos al ser atacados por sílice dan texturas muy difusas de megacristales, formas fibrosas y rosetas de cuarzo, como consecuencia de que en parte la dolomicrita dificulta su visión, pero quizás también debido a la influencia de los carbonatos durante el reemplazamiento. Por el contrario, los yesos puros al ser sustituidos por sílice dan, por lo general, texturas muy espectaculares en cuanto al carácter idiomorfo y al crecimiento de los cristales. Hay que resaltar entre estas texturas de sustitución de yesos:

- a) Megacristales de cuarzo que reflejan en su interior hexágonos perfectos (marcados por impurezas) que son las diferentes etapas de crecimiento.



Fig. 7.—Aspecto en el campo del sílex tobáceo.



Fig. 8.—Detalle de los tubos del sílex tobáceo.

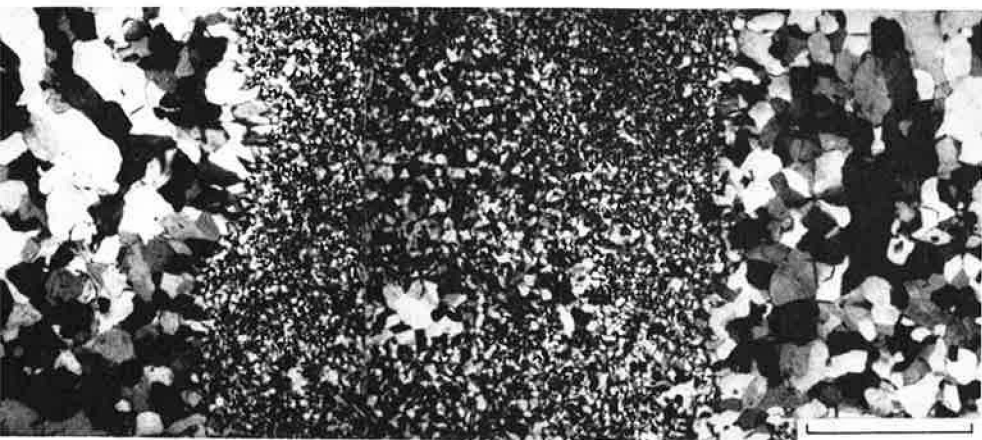
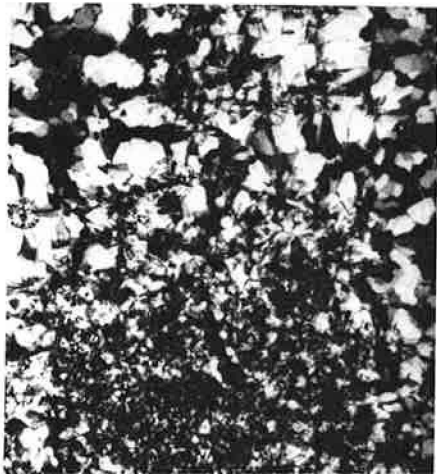
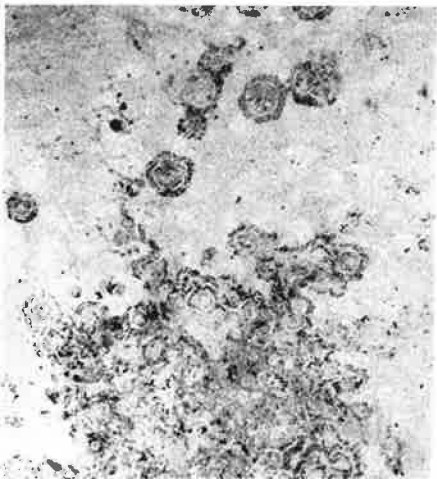


Fig. 9.—Obsérvese la diferencia en el tamaño y forma de los cristales de cuarzo resultantes de la silicificación del tubo y del exterior. La escala mide 1 mm.



- b) Megacristales de cuarzo que encierran diminutos cristales lenticulares de yeso.
- c) Grandes rosetas de hasta 1 mm. de cristales de cuarzo, con núcleos desordenados, fibrosos, etc., que pueden también revelar, por las impurezas que encierran, las etapas de crecimiento.

Aparecen además mosaicos de cuarzo, micro y mesocristalinos, cuarzos en anillos, lutecitas y quartzinas que son morfologías corrientes en la sustitución de yesos (ARBEY, 1980).

El que aparezcan o predominen las formas más espectaculares depende de los puntos de nucleación, o de comienzo de crecimiento de los cristales de cuarzo. Un reflejo de lo que importa este factor lo representan las figuras 10 y 11. En ellas se ve que cuando los núcleos o centros de comienzo de formación de los cristales de cuarzo están muy alejados se originan rosetas, mientras que en la parte donde están muy cerca e interfieren varios núcleos, las texturas resultantes son fibrosas y micro-criptocristalinas.

Por último hay que hablar de la influencia que tiene la estructura del yeso sobre la textura de estos sílex. Tal influencia se ve claramente al comparar los cristales de los "tubos" con los existentes fuera de ellos (fig. 9). En el interior de los tubos se producen texturas mucho más microcristalinas y difusas que en las zonas situadas entre ellos. Este carácter ya fue advertido por BUSTILLO (1976) y explicado como "que los tubos se producen en un momento de gran precipitación de cuarzo, con múltiples centros de nucleación, mientras que lo que les rodea crecería posteriormente en un medio más pobre en sílice con menor número de centros de nucleación".

La estructura "tubular" en el sílex no siempre es un simple mosaico de cristales y de texturas fibrosas como en la figura 9, sino que a veces se ve un claro reflejo de lo que fue el yeso, con pseudomorfos de los cristales lenticulares en su disposición concéntrica.

Corpúsculos.

En lámina delgada, el carácter más especial de los sílex masivos y tobáceos es la presencia de partículas con alto relieve y color marrón o negro, que destacan fuertemente en el sílex de cuarzo, que es incoloro (corpúsculos).

Cuando aparecen en las láminas delgadas pueden representar entre el 10 % y el 40 %, suponiendo una gran densidad. Su forma es variable, pasando de esféricos a hexagonales. A veces existen ambas formas, y dentro de un corpúsculo hexagonal se ve otro de microesfera (fig. 12). Los que no son opacos o negros con nicoles cruzados presentan colores de interferencia parecidos al cuarzo. A veces aparecen englobados dentro del sílex sin estar relacionadas con ninguna textura especial, pero otras se advierte que son núcleos que permiten el nacimiento de megacristales de cuarzo o rosetas. Los de forma hexagonal hacen pensar que estas partículas corresponden a las primeras etapas del crecimiento del cristal que poseen gran cantidad de impurezas. Sin embargo, las morfologías esféricas fueron identificadas como esporas.

Para resolver tal problema se estudiaron las muestras por microscopía electrónica de barrido y microsonda.



Fig. 12.—Corpúsculo con forma hexagonal y centro esférico, Nícoles paralelos. La escala mide 0,5 mm.

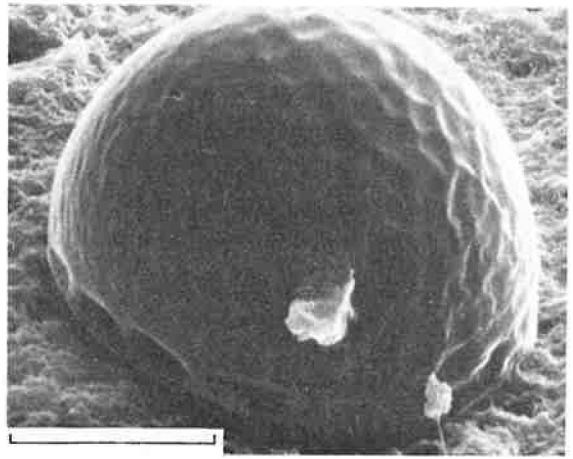


Fig. 13.—Espora, Microfotografía en el microscopio electrónico de barrido. La escala mide 20 micras.

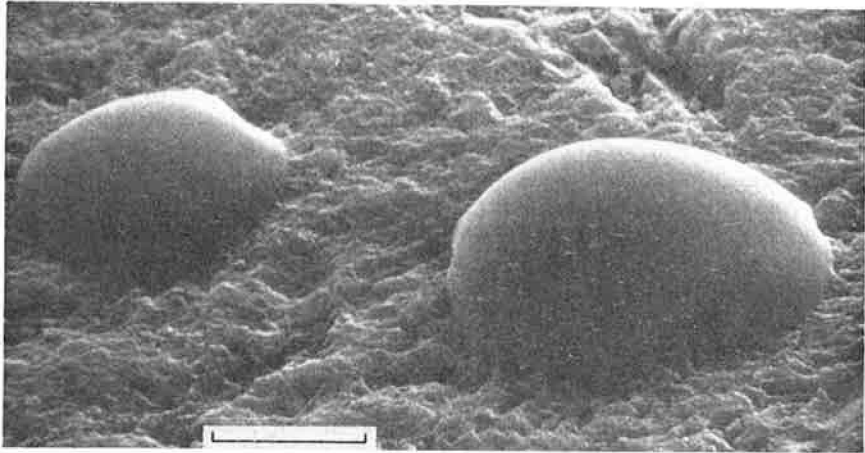


Fig. 14.—Corpúsculos lisos. Microfotografía en el microscopio electrónico de barrido. La escala mide 20 micras.

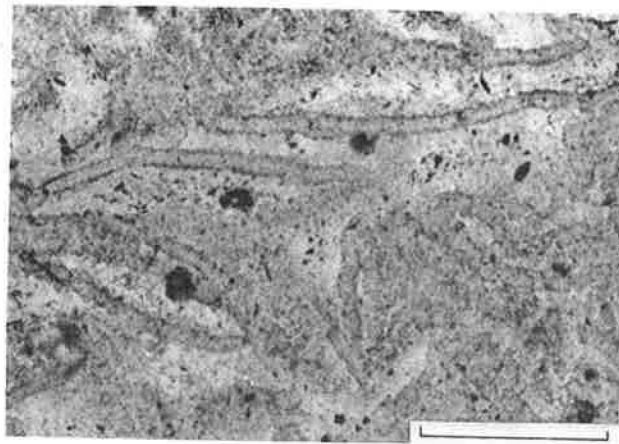


Fig. 15.—Filamentos de algas en los sílex de cuarzo, Nícoles paralelos. La escala mide 1 mm.

Los resultados fueron interesantes. Se advirtió que existían dos tipos de partículas, unas ornamentadas y otras ovoides lisas (figs. 13 y 14). Las ornamentadas correspondían efectivamente a esporas; sin embargo, los corpúsculos lisos no parecían cuerpos orgánicos y su origen será discutido más adelante en el texto.

Los análisis de microsonda demostraron que los corpúsculos ornamentados estaban constituidos por materia orgánica (a veces con algo de sílice), mientras que los lisos eran predominantemente silíceos, aunque podían poseer una pequeña cantidad de materia orgánica (eran realmente corpúsculos silíceo-orgánicos).

Los corpúsculos ovoides tendrían entonces una doble interpretación:

- a) Son también esporas que se han mineralizado con sílice y resultan indistinguibles.
- b) Significan simplemente el comienzo de la nucleación de los cristales de cuarzo a partir de disoluciones muy concentradas en sílice y con impurezas orgánicas. Este hecho estaría además apoyado por su forma, que frecuentemente manifiesta uno de los extremos más agudo (fig. 14). Según J. M. GARCÍA-RUIZ (1) (com. personal), tales morfologías son típicas de comienzos de cristalización a alta sobresaturación (nucleación no clásica), donde la precipitación se hace de forma desordenada.

DISCUSIÓN.

Las arcillas con cristales lenticulares de yeso y los yesos se han sedimentado en un ambiente de lago-playa (DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, 1979) y corresponden, respectivamente, a los subambientes de "salt pan" y de llanura arcillosa salina (HARDIE *et al.*, 1978).

Las secuencias al techo de la unidad detrítica superior en el sector de Huete están formadas por arcillas con cristales de yesos y yesos, que en sentido vertical se transforman en potentes tramos de yesos irregularmente estratificados (DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, 1979).

Teniendo en cuenta exclusivamente la composición litológica, una secuencia ideal, a partir de los tramos litológicos diferenciados en la figura 2a, está representada en la figura 2b. En esta secuencia la base son las arcillas con cristales lenticulares de yeso (A) que se han sedimentado en la zona más externa del lago-playa (HARDIE *et al.*, 1978). En sentido vertical pueden situarse a continuación los yesos con fangos dolomíticos (B). Sobre el término "B" o directamente sobre las arcillas con cristales de yeso (A) se encuentran los yesos (C), que hemos representado parcialmente por la estructura tubular. Al techo, los sílex tobáceos pueden ser la consecuencia de una silicificación de los yesos tubulares por un enriquecimiento de sílice en el medio, favorecido por un proceso de desecación del lago-playa. Existen referencias sobre la existencia de procesos de silicificación en etapas cercanas a la desecación (HARRIS, 1958; PETERSON y BORCH, 1965; MATTIS, 1977; WHEELER y DANIEL, 1978).

En conjunto, esta secuencia (fig. 2b) indica una expansión del "salt pan".

(1) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.

Una reconstrucción horizontal de la disposición de estas facies está reflejada en la figura 2 d.

La estrecha asociación de la estructura vegetal de tubos con la textura lenticular de los yesos de la litofacies tubular está completamente de acuerdo con los datos experimentales de CODY (1979). Este autor comenta que las sustancias orgánicas que se producen en la descomposición de las plantas son las causantes del hábito lenticular, porque inhiben "drásticamente el rápido crecimiento perpendicular a las caras [111] y [103] y consecuentemente minimizan el crecimiento paralelo al eje cristalográfico c".

El gran problema que se plantea al querer interpretar el tipo noduloso es si las formas nodulosas siempre han sido de yeso, como se observa en algunas sabkhas actuales (WEST *et al.*, 1979) o si fueron de anhidrita y posteriormente se transformaron en yeso, como también se ha citado en sabkhas actuales (SHEARMAN, 1978). De hecho no existe en ellos ningún relicto de anhidrita, pero la textura alabastrina de agregado microcristalino, formada por pequeños cristales anhedrales interpenetrados, podría indicarnos su origen secundario a partir de anhidrita (ORTI CABO, 1977).

Las texturas que exhiben los sílex son las típicas de una sustitución silícea en ambiente evaporítico y aunque algunos tipos son semejantes a los descritos por MILLIKEN (1979) no aparecen vestigios de existencia de anhidrita como señala el anterior autor.

En cuanto al significado y la interpretación de los corpúsculos, son muchos los autores que encuentran restos orgánicos de formas esféricas, que son interpretados como posibles restos de algas (SCHOPF, 1968; LA BERGE, 1967 y 1973; FAIRCHILD *et al.*, 1973), observándose también a veces filamentos, como sucede en una de nuestras muestras (fig. 15). OEHLER (1976) opina que en algunos casos estas partículas incluidas en el sílex pueden no ser organismos, sino microesferas de cuarzo formadas inorgánicamente durante la cristalización de la sílice coloidal.

El caso estudiado por nosotros es un ejemplo de coexistencia de los dos aspectos. Es decir, existen, además de partículas orgánicas (esporas y filamentos de algas), núcleos de cristalización inorgánicos, como los obtenidos experimentalmente por OEHLER (1976), y quizás el reflejo más verídico de este último enfoque sean los corpúsculos hexagonales con núcleos esféricos. Para OEHLER (1976), estas microesferas se producen en medio sedimentario a partir de disoluciones impuras y de alta viscosidad. Si tenemos en cuenta que la norma general y peculiar de las silicificaciones estudiadas es la presencia de muchas impurezas que sirven para marcar las distintas etapas del crecimiento de los cristales, la hipótesis de OEHLER (1976) es corroborada.

En lo que respecta a la explicación de la macroestructura, el problema está, en parte, por resolver. Lo que sí se puede asegurar es que es una estructura generada en yesos; la sílice, al sustituir, lo único que ha hecho es preservarla, haciendo posible su estudio en los afloramientos. Cuando no existe la sustitución silícea se puede ver también esta estructura tubular, aunque con más dificultad.

Las características de los tubos de presentar diámetro regular y constante y no tener ramificaciones son consideradas como aparentemente negativas para definirlos como rizocreciones (PLAZIAT, 1971); sin embargo, nosotros no desechamos tal posibilidad, por su estructura interna y por la existencia en la natura-

za de raíces no ramificadas. Además existen referencias bibliográficas de rizocreciones silíceas en zonas pantanosas (DANGEARD y RIOULT, 1961).

Su asociación estrecha con algas (filamentos) es fácilmente explicada, ya que, según exponen CALVET *et al.* (1975), la presencia de ciertas algas cianobáceas asociadas a las raíces influyen favorablemente en la formación de una rizocreción.

El medio químico que existe en el tubo o rizocreción es un medio confinado, rico en ácidos orgánicos (CALVET *et al.*, 1975). Cuando el agua del suelo adquiere una concentración de sílice necesaria para que se produzca la silicificación, o simplemente si el sedimento yesífero es invadido por un aporte de agua cargada en sílice y esta disolución silícea incorpora las sustancias orgánicas, la nucleación de los primeros cristales es rápida, la precipitación es desordenada y se originan los corpúsculos organo-silíceos. Posteriormente, al haberse consumido la materia orgánica, la sobresaturación local de sílice decrece y se forman las texturas típicas del crecimiento lento de cristales de cuarzo, ARBEY (1980) señala la importancia de la materia orgánica sobre la reducción de los sulfatos y la precipitación de la sílice. Para este autor, los niveles donde precipita la sílice son precisamente aquellos donde los sulfatos son reducidos por los procesos bioquímicos y donde hay producción de ácidos orgánicos. Durante la silicificación general, las algas que viven junto a la raíz son también englobadas y de esta manera coexisten esporas, filamentos y corpúsculos organo-silíceos. Sin embargo, tampoco desechamos la posibilidad de que las esporas sean ajenas al medio, por la facilidad con la que pueden ser transportadas por las corrientes de agua o el viento.

Al existir litofacies en lo que lo único silicificado es el tubo, que queda aislado en la masa yesífera, hay que pensar que éstos son los más apropiados y, por lo tanto, los primeros en silicificarse. Esto es completamente lógico, porque, como explican CALVET *et al.* (1975), en el microambiente que rodea a la planta el equilibrio químico es muy inestable, hay cambios en el PH, debido a la actividad microbial y cambios en los productos de solubilidad, por el proceso de evapo-transpiración, condiciones muy favorables para que se dé el proceso de sustitución.

CONCLUSIONES.

En la formación de estos silex tobáceos se pueden seguir las siguientes etapas.

En un ambiente de lago-playa, sobre un substrato yesífero, se instala una vegetación que hasta el momento desconocemos si era aérea o acuática. Las raíces, o menos probablemente los tallos, de esta vegetación provocaron la orientación de los cristales de yeso y originaron la estructura tubular. En aquel ambiente también coexistieron algas cuyos filamentos han quedado fosilizados.

En los momentos de mayor desecación es posiblemente cuando tiene lugar una mayor concentración de sílice en la salmuera y comienza la silicificación.

La actividad de la raíz ha provocado la existencia en el sedimento de sustancias orgánicas que, al combinarse con las disoluciones silíceas, dan lugar a puntos de sobresaturación, a partir de los cuales comienza la silicificación. Estos puntos quedan señalados como núcleos organo-silíceos que son observados petrográficamente en la roca.

Como la materia orgánica se ha consumido en los primeros momentos de la silicificación, cuando ésta progresa, las texturas que se forman son...

males en los procesos de sustitución yeso-silice (quartzine, rosetas, megacuarcos, lutecita...). La silicificación, que afecta a una gran extensión del sedimento, engloba y mantiene inalterables los filamentos de algas y también numerosas esporas.

Estos sílex, producidos a partir de disoluciones cargadas con gran cantidad de impurezas, son un buen ejemplo para el estudio de la dinámica de los procesos de silicificación en ambiente evaporítico, porque gracias a las impurezas han quedado impresas todas las etapas de crecimiento de las texturas del cuarzo.

AGRADECIMIENTOS.—A la Dra. María Concepción Sanz Lain por la identificación de las esporas en lámina delgada. Igualmente a las Dras. Antonia Ribas y María Eugenia Ron por el interés demostrado en la caracterización de la estructura vegetal. Por último agradecemos al Dr. José Manuel Brell su colaboración en la realización e interpretación de los difractogramas de Rayos X.

(Recibido el 14 de julio de 1980.)

(Aceptado el 8 de septiembre de 1980.)

BIBLIOGRAFÍA.

ARBÉY, F.

1980. Les formes de la silice et l'identification des evaporites dans les formations silicifiées. *Bull des Centres de Recherches Exploration Production Elf-Aquitaine*, 4, 1, págs. 312-361.

BERGE La, G. L.

1967. Microfossils and Precambrian iron-formation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78, págs. 331-342.

1973. Possible biological origin of Precambrian iron-formations. *Econ. Geology*, 68, págs. 1.098-1.109.

BREWER, R.

1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley & Sons Inc. 470 págs. London.

BUSTILLO, M. A.

1976. Estudio petrológico de las rocas silíceas miocenas de la cuenca del Tajo. *Estudios Geol.*, 32, págs. 371-383.

CALVET ROVIR, F., POMAR GOMA, L. y ESTEBAN CERDA, M.

1975. Las rizocreciones del Pleistoceno de Mallorca. *Diputación Provincial de Barcelona*, 30, págs. 35-61.

CODY, R. D.

1979. Lenticular gypsum: occurrences in nature and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formations. *J. Sedim. Petrol.*, 49, págs. 1.015-1.028.

DANGEARD, L. y RIOULT, M.

1961. Observations nouvelles sur les accidents silicieux situés au sommet de la "Pierre de Caen". *Bull. Soc. Geol. France*, III, 7.^a, 329-337.

DÍAZ MOLINA, M.

1974. Síntesis estratigráfica preliminar de la serie terciaria de los alrededores de Carrascosa del Campo (Cuenca). *Estudios Geol.*, 30, págs. 63-67.

1978. *Bioestratigrafía y Paleogeografía del Terciario al E. de la sierra de Altonira*. Tesis Doctoral. Dpto. de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 1 tomo, 370 págs., 87 figs. Inédita.

DÍAZ MOLINA, M. y LÓPEZ MARTÍNEZ, N.

1979. El Terciario continental de la Depresión Intermedia (Cuenca). *Bioestratigrafía y Paleogeografía*. *Estudios Geol.*, 35, págs. 149-167.

FAIRCHILD, T. R., SCHOPF, W. y FOLK, R.

1973. Filamentous algal microfossils from the Caballos Novaculite Devonian of Texas. *Journal Paleont.*, 47, págs. 946-952.

HARDIE, L. A., SMOOT, J. P. y EUGSTER, H. P.

1978. Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach. *Spec. Publ. int.*

- HARRIS, L. D.
1958. Syngenetic chert in the Middle Ordovician hardy creek limestone of Southwest Virginia. *J. Sedim. Petrol.*, 28, págs. 205-208.
- LECRAIRE, L.
1974. Hypothèses sur l'origine des silicifications dans les grands bassins océaniques. Le rôle des climats hydrolisants. *Bull. Soc. geol. France*, (2)-16, págs. 214-224.
- MATTIS, A. F.
1977. Nonmarine Triassic sedimentation Central High Atlas Mountains Morocco. *J. Sedim. Petrol.*, 47, págs. 107-119.
- MILLIKEN, K. L.
1979. The silicified evaporite syndrome two aspects of silicification history of former evaporite nodules from Southern Kentucky and Northern Tennessee. *J. Sedim. Petrol.*, 49, págs. 245-256.
- MILLOT, G.
1967. Significance des études récentes sur les roches argileuses dans l'interprétation des facies sédimentaires. *Sedimentology*, 8, págs. 259-280.
- OEHLER, J. H.
1976. Hydrothermal crystallization of silica gel. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, págs. 1.143-1.152.
- ORTI CABO, F.
1977. Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y su origen. *Diputación Provincial de Barcelona*, 32, págs. 87-152.
- PETERSON, M. N. A. y BORCH von der, C. S.
1965. Chert: Modern inorganic deposition in a carbonate-precipitating locality. *Science*, 149, págs. 1.501-1.503.
- PLAZIAT, J. C.
1971. Racines ou terriers? - Critères de distinction à partir de quelques exemples du Tertiaire continental et littoral du bassin de Paris e du midi de la France. Conséquences paléogéographiques. *Bull. Soc. geol. de France*, (7) 13, págs. 195-203.
1975. Dolomite, gypse et accidente siliceux dans les sédiments carbonatés continentaux du Crétacé terminal et du paléogène Languedociens. *IX^{ht} Congrès International de Sedimentologie*, 2, págs. 107-112.
- SCHOPF, J. W.
1968. Microflora of the Bitter Springs Formation, Late Precambrian, Central Australia. *Jour. Paleont.*, 42, págs. 651-700.
- SHEARMAN, P. J.
1978. Evaporites of Coastal Sabkhas. In *Marine Evaporites*. W. E. DEAN (Ed.), S. E. P. M., *Short Course*, 4, págs. 6-29.
- WEST, I., YEHA, A. y HILMY, M.
1979. Primary gypsum nodules in a modern sabhka on the Mediterranean coast of Egypt. *Geology*, 7, págs. 354-358.
- WHEELER, W. H. y DANIEL, A. T.
1978. Triassic Limestone and chert of playa origin in North Carolina. *J. Sedim. Petrol.*, 48, págs. 765-776.