

Estudio de procesos de alteración hidrotermal en rocas graníticas y sedimentarias (provincia de Avila)

Por A. G. UBANELL (*), G. GARZÓN (*), J. A. DE LA PEÑA (**), A. BUSTILLO (**) y R. MARFIL (**)

RESUMEN

Mediante técnicas petrográficas, difracción de rayos X y A. T. D. se analiza la mineralogía y textura de rocas granitoideas y sedimentarias detríticas de caracterización problemática. Se han establecido cuatro tipos petrológicos, de los que se da una hipótesis genética.

Los procesos que han afectado a dichas rocas han sido silicificación, caolinitización y, en ocasiones, alunitización. El conjunto de ellos se interpretan como originados por acción hidrotermal.

ABSTRACT

Using petrographic techniques, X ray diffraction and D. T. A. we analyzed the mineralogy and textures of granitoid and detrital sedimentary rocks, where the characterization was problematic. Four petrologic patterns were established for which a genetic hypothesis is given.

The processes affecting these rocks are: silicification, caolinitization and occasionally alunitization. As a whole, these processes have been interpreted as being originated by hydrothermal action.

INTRODUCCIÓN

Durante las campañas de campo de las tesis doctorales de dos de los autores (GARZÓN y UBANELL), y en una amplia zona del borde norte del Sistema Central, dentro de la provincia de Avila, han sido observados una serie de pequeños afloramientos de rocas (fig. 1), cuya caracterización, en ocasiones, se hace difícil, pero que, en conjunto, tienen ciertas similitudes. Se trata, en general, de rocas, a veces de aspecto opalino, que presentan colores abigarrados que destacan vivamente del conjunto y que tienen marcada cohesión y dureza, lo que las hace ser zonas de mayor resistencia a la erosión.

Este tipo de materiales se encuentra tanto dentro de rocas ígneas como sedimentarias, siendo su relación con ellas muy variable, desde contactos netos hasta hacerse prácticamente imposible su individualización.

Los caracteres comunes descritos, unidos a la proximidad geográfica que presentan, indujo a pensar en la hipótesis de la existencia de unos procesos que afectaron a escala regional a distintas rocas, lo que supondría una serie de alteraciones y transformaciones cuyo estudio es la base de este trabajo.

Para abordar los problemas planteados de caracterización y génesis de estas rocas, se ha efectuado una revisión del enmarque geológico en el que se desarrollaron los procesos

estudiados. Posteriormente se describen los datos petrográficos y mineralógicos, habiendo utilizado para las determinaciones de detalle la difracción de rayos X y el A. T. D.

ANTECEDENTES

No existe ningún estudio de detalle de estos materiales y en la bibliografía sólo aparecen breves referencias sobre ellos. MARTÍN DONAYRE (1879) los cita por primera vez como argilófiros (1), refiriéndose a los afloramientos de Avila; de La Colilla; de Bascoarrabal; el de Cuesta Morena, cerca de Monsalpe, y el de Villanueva del Campillo, aunque este último no ha podido ser localizado. Los describe como una roca feldespática alterada, con granos de cuarzo y en ocasiones con nódulos ferruginosos rojizos y una sustancia opalina de brillo resinoso. Los colores de la roca varían entre tonos blanquecinos, amarillentos, violados y rojizos.

Posteriormente se repite la referencia por DE LAS BARRAS (1903), en un comentario sobre los granitos de Avila: "en algunos sitios, la alteración del feldespato ha dado lugar a

(1) Según el Diccionario Petrográfico de San Miguel de la Cámara (1944), el término "argilófiro" representa un pórfido terroso por alteración.

(*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

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

un argilófiro, teñido por sales de hierro y manganeso, que ha servido para la construcción de los monumentos principales de Avila". Este mismo párrafo se transcribe íntegramente en la "Explicación del nuevo mapa geológico de España" (RUBIO *et al.*, 1935).

No vuelve a aparecer ninguna referencia sobre el tema hasta que recientemente ARENILLAS (1976) se ocupa con más detalle de dos de estos afloramientos (Cantera de La Colilla y Cantera Vieja de Avila), explotados como materiales de construcción y que considera de un origen sedimentario, probablemente de edad paleógena.

a lo largo de la orogenia alpina. La dirección E-NE marcó los trazos fundamentales de las cuencas sedimentarias, aunque sus bordes actuales están, además, retocados por fallas en las otras dos direcciones dominantes de la zona, la N-NE y la E-SE. En la figura 2 se presentan unos cortes, en los que se pueden observar las relaciones estructurales de los afloramientos.

La naturaleza de los materiales aflorantes en la región, afectados por los procesos que estudiamos, se describen a continuación.

Las rocas predominantes son granitos biotíticos de grano

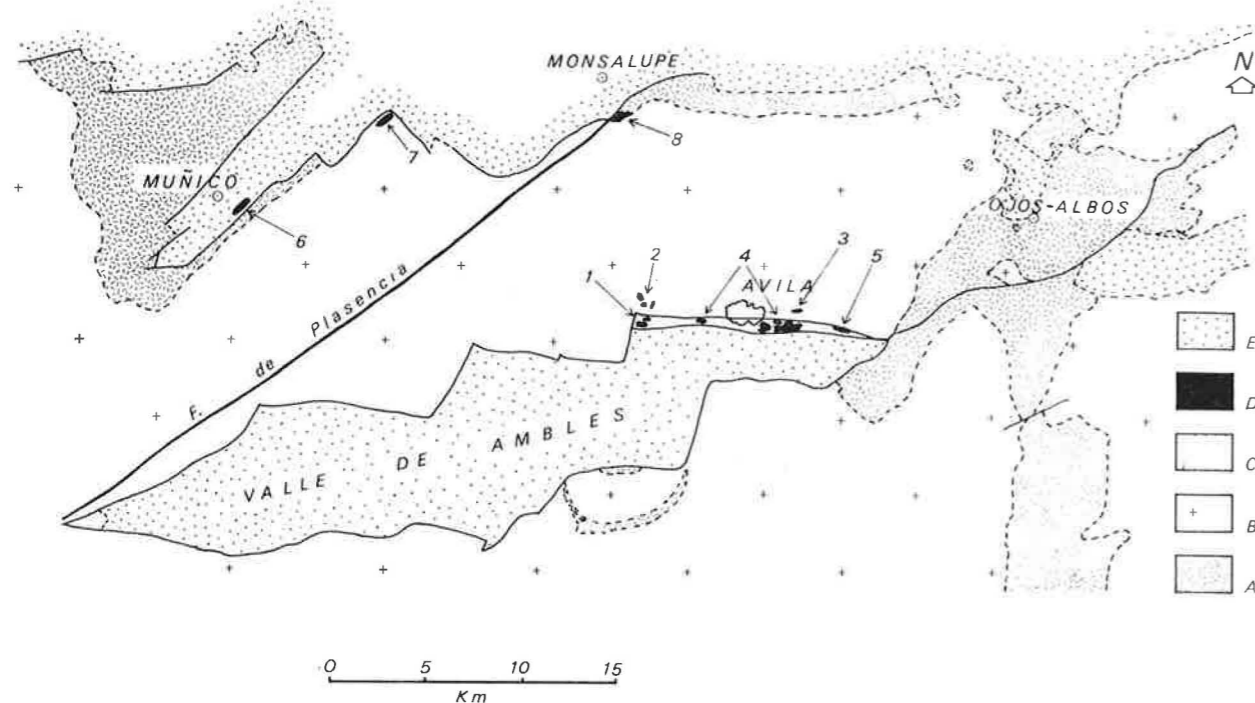


Fig. 1.—Esquema geológico de situación de los afloramientos estudiados: A) Rocas metamórficas; B) Rocas graníticas; C) Sedimentos cretácicos; D) Afloramientos estudiados: 1) Afloramiento de La Colilla; 2) Martiherrero; 3) Cervero; 4) Alrededores de Avila; 5) Guimorcondo; 6) Muñico; 7) El Alamillo, y 8) Monsalúpe; E) Sedimentos Terciarios.

ENMARQUE GEOLÓGICO GENERAL

El borde norte del Sistema Central, en la zona de Avila, está constituido por una superficie granítica que desciende ligeramente hacia el norte y sobre la que resaltan los fuertes relieves metamórficos de Ojos Albos, Muñico y Cuesta Morena-Mingorría. Los afloramientos estudiados se encuentran situados tanto al norte, en el contacto con los materiales terciarios de la depresión del Duero, como al sur, en el valle del Ambles (fig. 1). Este último constituye una pequeña fosa intermedia dentro de la estructura general de Horsts y Grabens que el Macizo Hespérico presenta en el Sistema Central (fig. 2 V). Los afloramientos aparecen aquí tanto sobre la superficie elevada de Avila como sobre un primer escalón de esta fosa, interpuesto entre el bloque de Avila y la propiamente dicha fosa del Ambles, rellena por depósitos terciarios de gran potencia. El citado escalón está constituido básicamente por materiales graníticos, aunque también aparecen algunos retazos sedimentarios.

La tectónica de bloques en esta área está condicionada por los sistemas de fracturas tardihercínicas generales del Macizo Hespérico (PARGA, 1969), posteriormente reactivadas

medio a grueso, localmente con presencia de megacrístales de feldespatos y, a veces, con xenolitos. Pertenecen al gran conjunto de las granodioritas tardías (GARCÍA DE FIGUEROLA y CARNICERO, 1973), datadas al este de la zona como pertenecientes al Carbonífero Superior (MENDES *et al.*, 1972). En algunos puntos aparece también un típico granito de dos micas de grano fino y tonos claros, que, a veces, presentan nódulos de biotita (UBANELL, 1977).

Desde el conjunto metamórfico de Muñico hasta el de Ojos-Albos se extienden una serie de diques de pórfidos graníticos con dirección general E-W, si bien localmente sufren desviaciones que las sitúan en posición SE-NW. Por ser más resistentes a la erosión que las rocas circundantes, dan lugar a las crestas que constituyen los puntos más altos de la Sierra de Avila. Son de tonos claros, aunque algunos de ellos, por efectos tectónicos, se transforman en episienitas, adquiriendo el color rojo rosado característico. Un ejemplo de esto puede observarse en la misma ciudad de Avila, en la muralla sur. Cortando a los anteriores, aparecen unos diques de cuarzo lechoso de dirección comprendida entre N y NNE, algunos de los cuales tienen ópalo de color caramelo y mineralizaciones metalíferas. Finalmente, aunque

mucho más espaciados que los anteriores, se presentan otra serie de diques muy característicos, de color verde oscuro y composición básica, con una dirección neta N-S.

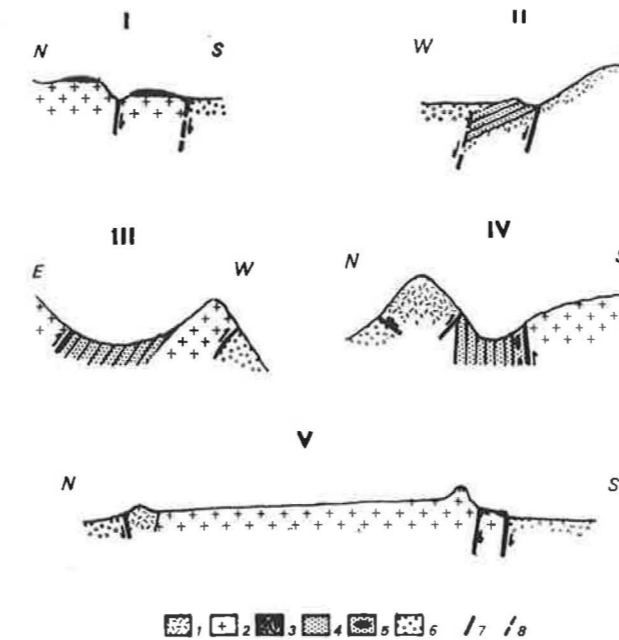


Fig. 2.—Cortes esquemáticos: I. La Colilla; II. Muñico; III. El Alamillo; IV. Monsalúpe, y V. Valle de Ambles-fosa del Duero.

Los materiales sedimentarios del extremo norte, ya en la cuenca del Duero, presentan las características típicas de las areniscas feldespáticas, probablemente miocenas, de dicha cuenca, con las facies de borde más groseras, ricas en cantos, y con niveles ligeramente cementados. En algunos puntos aparecen pequeños afloramientos de sedimentos más antiguos y tectonizados, que podrían asociarse a las facies paleocenas (JIMÉNEZ, 1977) estudiadas más hacia el oeste, pero sin ninguna referencia en esta zona.

Los materiales sedimentarios que rellenan el valle del Ambles son predominantemente arcosas con intercalaciones de tramos arcillosos, en facies típicas de abanicos aluviales. Han sido considerados como cuaternarios y neógenos, aunque en el mapa de España 1:1.000.000 (I. G. M. E., 1966) aparecen también como oligocenos, sin ninguna referencia más concreta. Sin embargo, recientemente, la aparición de abundante fauna de mamíferos en el yacimiento de Los Barros, en los alrededores de Avila (GARZÓN *et al.*, en preparación), puede permitir una datación más detallada, e induce, por el momento, a pensar en la existencia también de materiales paleógenos. En los bordes de la fosa afloran en algunos puntos (GARZÓN, 1972) tramos muy cementados con calcita, y, a veces, sílex y arcillas, aunque estos últimos no presentan ninguna analogía con las silicificaciones que se estudian en este trabajo. Además, asociados al zócalo granítico y sobre el primer escalón ya citado de esta fosa, aparecen pequeños retazos de conglomerados cuarzosos y areniscas con cantos de cuarzo fuertemente cementados, uno de los cuales ha sido ya citado por ARENILLAS (1976) y relacionado con materiales prelucecienses.

SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Se describen a continuación los afloramientos estudiados, agrupándolos en:

— Los que están integrados por materiales graníticos que pueden estar asociados o no a depósitos sedimentarios (La Colilla, Martiherrero, el Cervero, alrededores de Avila ciudad y Guimorcondo).

— Los de formaciones netamente sedimentarias (Muñico, El Alamillo y Monsalúpe).

Afloramientos de La Colilla y Martiherrero (fig. 2 I)

Al este del pueblo de La Colilla aparecen dos afloramientos: uno, en el mismo valle de Ambles; y otro, sobre la superficie elevada de Avila. La roca sobre la que aparecen los procesos estudiados son adamellitas de grano medio, a veces porfídicas. Su homogeneidad estructural se pierde por la presencia de enclaves microgranulares y *schlieren* (APARICIO *et al.*, 1975). Además, existen unos diques de pórfidos graníticos que, con dirección general E-W, se extienden desde el afloramiento metamórfico de Muñico hasta el de Ojos Albos. Como consecuencia de las citadas transformaciones, se producen unas rocas cuyas características de campo corresponden a las descritas por MARTÍN DONAYRE (1879), las cuales están afectadas por numerosas venas y dique de ópalo, de tonos rojo-amarillentos, con desarrollo muy variable.

En ninguno de estos afloramientos han podido observarse restos de formaciones sedimentarias, aunque aparecen citadas en la bibliografía.

Inmediatamente al norte de estos afloramientos, en las proximidades de Martiherrero, aparecen estos mismos materiales, formando dos pequeños cerros que resaltan sobre la superficie de Avila.

Afloramiento del Cervero

Al N-E de Avila, y sobre la gran banda de diques este-oeste de pórfidos y apatitas sobre la que se asienta la ciudad, destaca por su mayor altitud el cerro del Cervero, en el que se desarrollan silicificaciones opalinas análogas a las de La Colilla. De características similares a éste es el afloramiento de Bascoarrabal, descrito también por MARTÍN DONAYRE.

Afloramientos de los alrededores de Avila ciudad y Guimorcondo

Al sureste de la ciudad de Avila, a ambos lados de la carretera Avila-El Escorial, sobre el escalón levemente inclinado que forma el borde norte del valle del Ambles, aparecen de una manera discontinua numerosos afloramientos similares a los anteriores, separados por zonas de granito fresco. Hacia el este, adosado a ellos, aparece una pequeña mancha de material sedimentario, sin que puedan precisarse sus relaciones de contacto, hecho que se observa también en Guimorcondo.

Los materiales sedimentarios aludidos son, en general, areniscas de grano grueso y conglomerados de cantos pequeños, de matriz arcillo-ferruginosa y clastos fundamentalmente de cuarzo.

Afloramiento de Muñico (fig. 2 II)

Se encuentra situado en el este de la pequeña fosa terciaria que, conectada con la gran cuenca del Duero, se desarrolla en el macizo metamórfico de Muñico. Otro afloramiento

ramiento similar, que no ha sido muestreado, existe en el borde oeste de la mencionada fosa.

El afloramiento estudiado se encuentra en el kilómetro 28 de la carretera de Avila a Muñico. En él, discordante sobre un substrato pizarroso muy alterado, se desarrolla una serie de materiales detríticos, que comienzan con un conglomerado de matriz arenosa y cantos de cuarzo, metacuarcita y, en menor proporción, de rocas metamórficas. El conjunto de la serie está integrado por areniscas de grano grueso, cuya composición varía entre ortocuarcitas y *cuarzowacks* con cantos dispersos. Esporádicamente existen intercalaciones arcillosas. La serie presenta una dirección de 50° W, sumergiéndose con un buzamiento general de 58° W bajo los sedimentos arcósicos miocenos.

En el afloramiento se observa cómo dichos materiales detríticos, que en general se presentan sueltos, tienen localmente procesos que les han dado una gran coherencia, al tiempo que se reflejan en coloraciones abigarradas. Una vez se trata de ferruginizaciones similares a las que tienen las arenas de facies "Utrillas", de los bordes del Sistema Central, pero, en otros casos, los caracteres *de visu* presentan una gran analogía con los procesos descritos para los afloramientos ya mencionados de los alrededores de Avila, y por cuya razón se ha investigado su naturaleza.

Afloramiento de "El Alamillo" (fig. 2 III)

Sin duda, de todos los afloramientos claramente sedimentarios estudiados, éste es el que presenta una columna más desarrollada.

Está localizado en la Dehesa de Arevalillo, próximo a la intersección de dos fallas: una, la que constituye el borde este de la fosa de Muñico, de dirección NE-SW, y otra, que limita la cuenca del Duero de dirección NW-SE.

A pesar de la proximidad al borde de la fosa del Duero, los materiales de este afloramiento reposan sobre el granito del Sistema Central, en un pequeño valle al sur de las casas de Arevalillo. Dicho granito está alterado en el contacto con los sedimentos del afloramiento, pero esta alteración, que se limita a una zona de un metro de potencia, es completamente distinta de las que estudiamos en este trabajo, pues se trata de un típico *lehm* de color gris, disyunción en bolos, etc.

La serie detrítica, similar a la de Muñico, posee un buzamiento hacia el SE de 30° y una dirección de 65°.

Afloramiento de Monsalupe (fig. 2 IV)

Está situado al sur de Monsalupe, en el extremo norte visible de la gran falla de Alentejo-Plasencia, lo que condiciona la gran tectonicidad a que se ven sometidos sus materiales. Así, éstos se disponen verticalmente entre dos fallas de 70° de dirección, una de las cuales queda, a su vez, afectada por una tercera falla inversa que con rumbo E-W cabalga sobre ella, con un ángulo de 55° N.

MARTIN DONAYRE hace la siguiente descripción: "En el sitio conocido como Cuesta Morena, se hallan también los argilofiros, ya de color blanquecino con manchas amarillentas y numerosos granos de cuarzo, ya zonares de colores violado, amarillento, color de carne y blanquecino y cuarzo gris en granos redondeados sumamente abundante...". En realidad, se trata de depósitos sedimentarios asociables a las series paleocenas, siendo unos depósitos detríticos similares a los de Muñico y El Alamillo.

PETROLOGÍA

Petrográficamente, los afloramientos descritos pre-

sentan una serie de características que se han agrupado y sintetizado en los cuatro tipos de la figura 3.

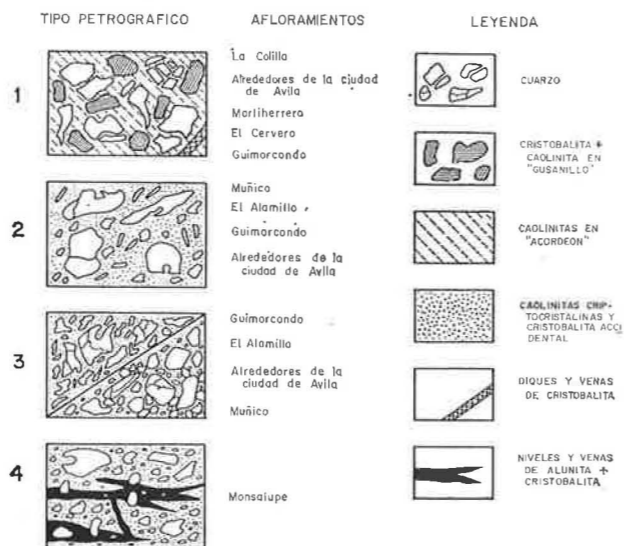


Fig. 3.—Esquema de los tipos petrográficos resultantes de la alteración hidrotermal.

a) En el tipo 1 la roca general está constituida por un supuesto "esqueleto" de cuarzoes fracturados y corroídos y manchas de cristobalita, en las que se advierte, al observarlas con gran aumento, pequeñas caolinitas. Todo ello está empastado por grandes caolinitas (fig. 4), que frecuentemente penetran a través de las grietas de los cuarzoes.

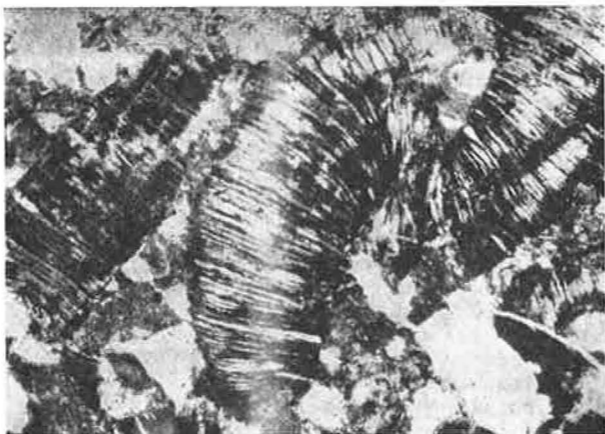


Fig. 4.—Morfología de las caolinitas en "acordeon". N. P. x 10.

La morfología de los dos tipos de caolinitas es muy diferente. Las primeras, encerradas dentro de la mancha de cristobalita, son incoloras y tienen apariencia de gusanillos (fig. 5), mientras que las de gran tamaño, además de disponerse en acordeon, están frecuentemente manchadas por óxidos de hierro. Un carácter textural que se puede apreciar, tanto *de visu* como a escala microscópica, es el idiomorfismo y subidiomorfismo que frecuentemente presentan las manchas de caolinita-cristobalita (fig. 6). Sus secciones

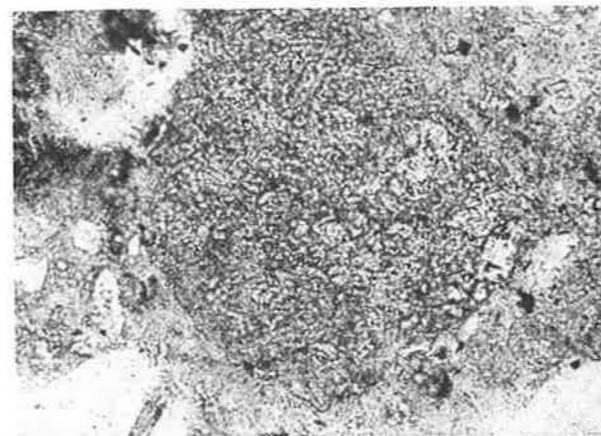


Fig. 5.—Pseudomorfo de feldespatos en caolinitas con morfología en "gusanillo". N. P. x 40.

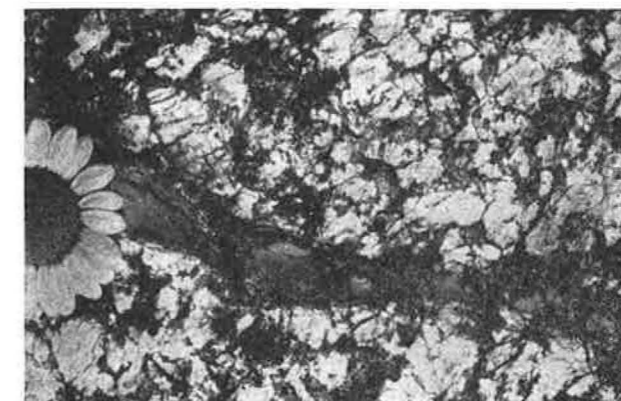


Fig. 8.—Vena de ópalo que atraviesa la roca alterada y conserva su textura porfídica. Afloramiento de La Colilla.



Fig. 6.—Textura de la roca alterada donde se observan los pseudomorfos porfiroblásticos rellenos de caolinita-cristobalita.

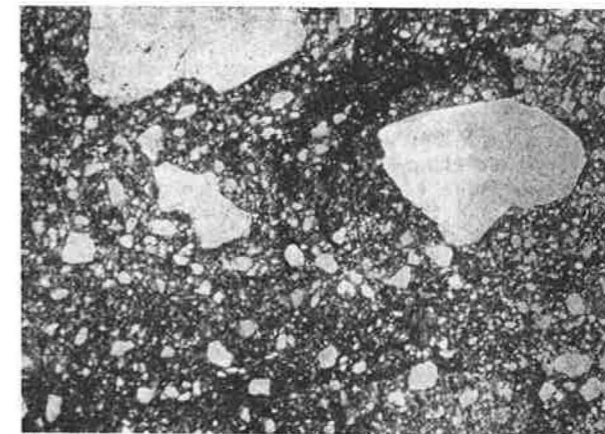


Fig. 9.—Aspecto general de las rocas del tipo 2, compuesta por cuarzoes empastados por caolinitas criptocristalinas, observándose su neta bimodalidad. N. P. x 10.

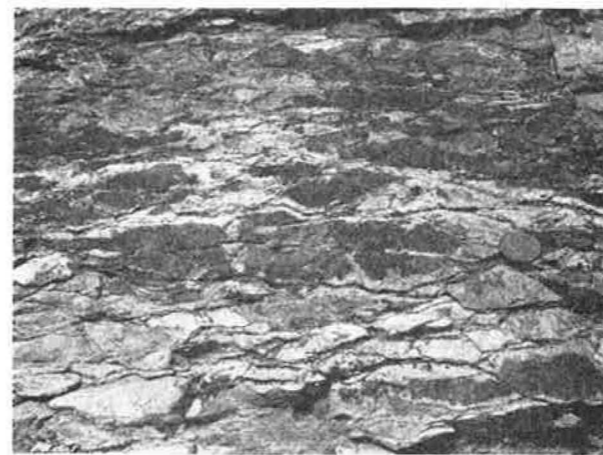


Fig. 7.—Aspecto de los diques de ópalo en el afloramiento de La Colilla.



Fig. 10.—Caolinitas con morfología "convoluta". N. P. x 25.

cuadrangulares y hexagonales recuerdan los fenocristales de feldespatos idiomorfos (microclinas y plagioclasa de composición andesina-oligoclasa; APARICIO *et al.*, 1975) de las rocas granitoideas que aparecen próximas en el cerro de La Colilla.

Los diques y venas de ópalo que surcan la roca general anteriormente descrita (fig. 7) están constituidos mayoritariamente por cristobalita, existiendo en pequeña cantidad caolinita, que ha sido detectada por rayos X. En ocasiones las venas preservan las texturas generales de la roca (fig. 8).

El parecido morfológico de las caolinitas de la pasta con las dadas por HAYES (1967) (fig. 4, pág. 893) podría hacer sospechar que se trata de este polimorfo. Los termogramas parecen desechar, sin embargo, esta posibilidad, porque, de acuerdo con las interpretaciones de SHUTOV *et al.* (1970), los endotérmicos, que varían entre 550 y 600°, son demasiado bajos. Sobre este problema parte de los autores estamos investigando en la actualidad.

b) El tipo 2 (fig. 9) se caracteriza por un esqueleto de cuarzos empastados por caolinita criptocristalina, óxidos de Fe esporádicos y algo de ópalo disperso. Las caolinitas, en ocasiones, presentan mayor tamaño y morfología en espiral (fig. 10). Como accesorios existen turmalinas y circones. En el afloramiento de Guimorcondo, además, se han reconocido fantasmas de detriticos rellenos de caolinitas de morfología en gusanillo, semejantes a las descritas en el tipo 1, así como biotitas y fragmentos de rocas muy oxidadas. A rayos X, además de la mineralogía descrita, se han identificado pequeñas cantidades de cristobalita.

Texturalmente, este tipo de roca tiene un esqueleto quebrantado y una clara bimodalidad, con una moda principal comprendida entre 1,50-1,25 mm., y una secundaria, entre 0,125-0,062 mm. Los cuarzos de la moda principal son monocristalinos, existiendo una pequeña proporción de policristalinos. La forma es variable, encontrándose tipos esféricos, ovoides y elongados, aunque estos últimos dominan en la moda secundaria.

Otros caracteres observables en los granos de cuarzo son: presencia de formas euhedrales y subeuhedrales, incluso en los policristalinos, golfos de corrosión, bordes de reacción con la pasta y extinción rápida.

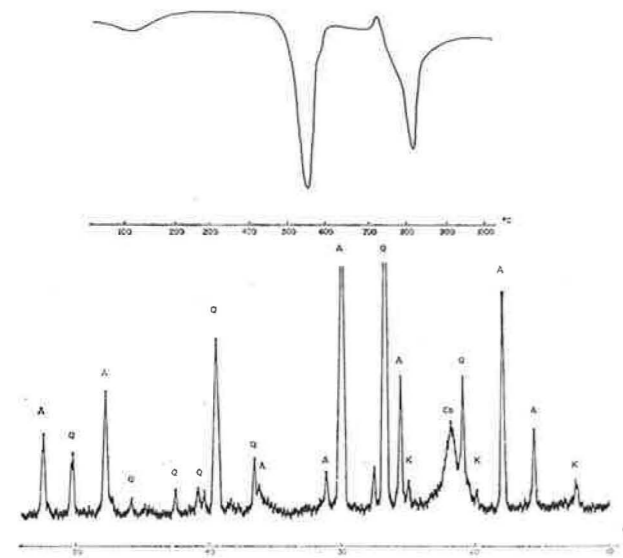


Fig. 11.—Termograma y difractograma donde aparece la alunita como componente mayoritario en el afloramiento de Monsalpe.

Por zonas, la relación esqueleto/pasta disminuye, quedando constituida la roca por una pasta blanquecina de caolinita y cristobalita.

c) Las rocas que hemos agrupado en el tipo 3, composicionalmente son muy similares a las del tipo 2. Sus diferencias fundamentales estriban en sus caracteres texturales. El esqueleto es denso y, en vez de una bimodalidad clara, la roca presenta mala selección. Su redondez es variada, existiendo todos los términos intermedios entre muy angulosos y bien redondeados, como se ha representado en la figura 3.

Esporádicamente se han encontrado también formas euhedrales y subeuhedrales, golfos de corrosión y reacción con la pasta. Otro carácter distintivo con respecto al tipo 2 es el poligenismo de los cuarzos, habiéndose encontrado cuarzos plutónicos y metamórficos de distintos tipos.

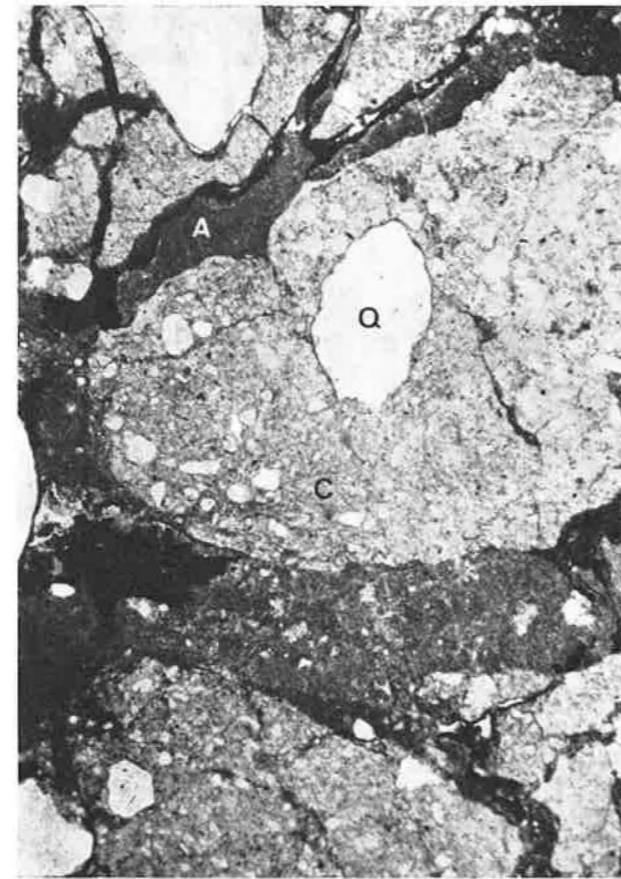


Fig. 12.—Aspecto de las rocas del tipo 4, donde se observa la invasión de alunita afectando una textura similar al tipo 2. A = Alunita + Cristobalita, Q = Cuarzo y C = Caolinita. N. P. $\times 10$.

d) Por lo que respecta al tipo 4, composicional y texturalmente son materiales detriticos similares a los del 2 y 3. La característica más peculiar de este tipo es la presencia en la pasta criptocristalina semiisótropa de alunita, además de cristobalita y caolinita. En la figura 11 se han representado el termograma y el difractograma de esta asociación mineralógica.

Petrográficamente se observa cómo rocas detriticas, similares a las de los tipos 2 y 3, sufren una invasión de alu-

nita y cristobalita que afecta tanto a la matriz caolínica como a los clastos del esqueleto (fig. 12). Esta invasión se desarrolla fundamentalmente a favor de los planos de estratificación, aunque se digita en pequeñas venillas por toda la roca.

Se advierte, además, de una manera accesoria, la presencia de feldespatos alterados a caolinita, con las mismas características descritas en el tipo 1.

RESUMEN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De todo lo expuesto anteriormente se puede deducir que el primer tipo se ha formado por transformaciones (caolinitización y silicificación) de rocas graníticas y/o diques porfídicos. Esto queda apoyado por los siguientes hechos:

a) Las manchas de caolinita y cristobalita son frecuentemente idiomorfos, recordando los fenocristales de los feldespatos existentes en la roca original.

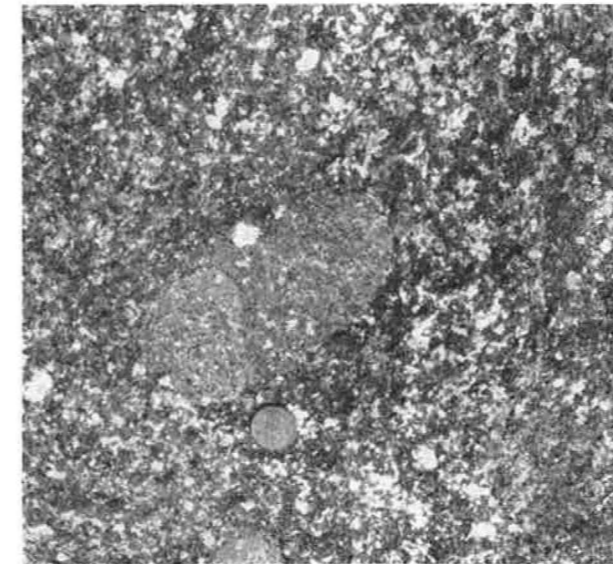


Fig. 13.—Relicto de enclave microgranular en el afloramiento de La Colilla.

b) Las caolinitas de tipo acordeón presentan entre sus láminas relictos de biotita aún observables, y gran cantidad de óxidos de Fe, que lógicamente provendrían de la destrucción de las biotitas primitivas.

c) Presencia de frecuentes estructuras relictos de los enclaves microgranulares y *schlieren* existentes en la roca fresca (figs. 13 y 14).

Los tipos 2 y 3 pensamos que representan la variabilidad de unos sedimentos detriticos, con mediana a mala evolución, pudiendo estar representados hasta *lehm* graníticos. Sus áreas fuentes tendrían, en algunos casos, una doble naturaleza (granítica y metamórfica) que condicionaría, en parte, la bimodalidad y las distintas formas de los cuarzos. Sin embargo,

hay una serie de características de campo y a escala microscópica que, en conjunto, consideramos poco frecuentes y significativas.



Fig. 14.—Aspecto del *schlieren* preservado en la roca alterada hidrotermalmente del afloramiento de La Colilla.

a) La extrema cohesión y dureza que de una manera irregular presentan las rocas en los afloramientos.

b) Los caracteres de los cuarzos:

- Formas euhedrales y ovoides,
- Bordes de reacción con la pasta.
- Extinción rápida.
- Crecimiento secundario sobre cuarzos mono y policristalinos.

c) La naturaleza de la pasta integrada por caolinita y cristobalita.

d) El tránsito gradual desde un sedimento con esqueleto y pasta a zonas en las que domina esta última y quedan granos flotando.

e) Ausencia de feldespatos.

Estos hechos nos hacen suponer que el primitivo sedimento detritico ha sufrido procesos de caolinitización y silicificación, que actúan irregularmente y con distinta intensidad según las zonas.

En el tipo 4, los procesos sobreimpuestos son más complejos, al existir alunita asociada a cristobalita.

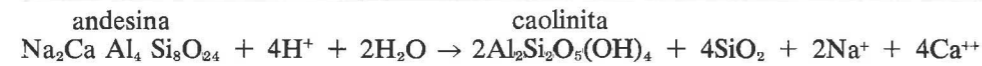
El conjunto de fenómenos observados en los cuatro tipos pensamos que pueden ser explicados por procesos hidrotermales, apoyados en los datos bibliográficos que a continuación se exponen.

El reemplazamiento pseudomórfico de feldespatos por caolinita es citado en alteración hidrotermal por varios autores (LILLEY, 1932 y KERR *et al.*, 1949-51). HEMLEY y JONES (1964) describen este mismo hecho refiriéndose concretamente a plagioclasas, hecho observado en las rocas del tipo 1.

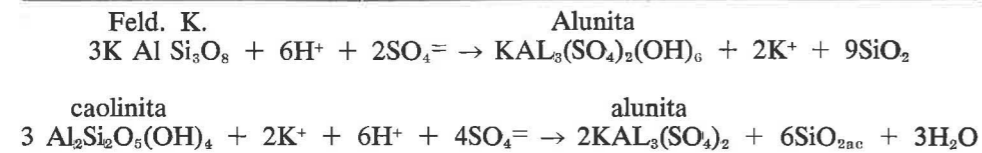
KNIZER (1963) considera la asociación caolinita-

crystalita rara en medio sedimentario, relacionándola con actividad hidrotermal.

HEMLEY y JONES (1964) opinan que la asociación alunita-cuarzo-caolinita es representativa de una alteración hidrotermal hidrolítica intensa. Estos autores admiten la formación de caolinita a partir de andesina (uno de los posibles minerales originales en nuestras rocas), dando la siguiente reacción:



Posteriormente, HEMLEY *et al.* (1969) dan las siguientes reacciones teóricas de formación de alunita, advirtiéndose que la misma se puede originar tanto a partir de feldespatos potásicos como de caolinita:



La asociación caolinita-cristobalita-alunita está ampliamente citada como una paragénesis hidrotermal (IWAO, 1968; KESLER, 1970; SUNAGAWA y KOSHIMO, 1975).

LOMBARDI (1977) describe en Italia varios yacimientos de alunita formados por actividad hidrotermal sobre rocas sedimentarias. Para este autor es más importante la tectónica que condiciona el ascenso de los fluidos que la naturaleza de la litología sobre la que éstos actúan. Para él, el común denominador de los depósitos de alunita y caolín asociados es generalmente su proximidad a sistemas de fracturas recientes.

Según estos datos, nuestras rocas se han podido producir como consecuencia de acciones hidrotermales sobre materiales muy distintos (rocas granitoideas, diques y sedimentos detríticos) que tienen en común estar situados cerca de zonas de fracturas. Estas corresponderían al sistema de fracturación tardihercínica, cuya actividad ha continuado hasta épocas muy recientes, como lo atestiguan las diferentes intrusiones básicas (diques de Plasencia, etc.), el relieve actual de la cordillera, e, incluso, las manifestaciones efusivas recientes (UBANELL y ROSALES, 1978, en preparación).

De acuerdo con nuestras observaciones, la actividad hidrotermal parece haberse manifestado en dos etapas en algunos puntos. La primera sería la responsable de la transformación de los feldespatos y biotita a caolinitas fundamentalmente, conservándose la textura original de la roca. La segunda fase daría lugar a los diques y venas de ópalo que cortan

las texturas anteriores. En el afloramiento de Monsalpe (tipo 4) esta segunda fase da lugar, además, a alunita como mineral dominante.

CABALLERO *et al.* (1974 b) hacen una relación de los yacimientos de alunita existentes en España, agrupándolos en una serie de tipos genéticos. Por los datos expuestos anteriormente, el yacimiento de Monsalpe no correspondería a ninguno de ellos. El más

próximo geográficamente es el de El Negredo, al que asignan un origen exógeno en el que soluciones sulfúricas que proceden de la oxidación de piritas han operado sobre materiales aluminico-potásicos (CABA-

LLERO *et al.*, 1974 a y MENÉNDEZ *et al.*, 1977). Con esta idea se realizó un estudio petrográfico de las zonas metamórficas de los alrededores del afloramiento de Monsalpe, poniéndose de manifiesto la ausencia de piritas y que los opacos existentes son ilmenita titanada y magnetita. Este hecho apoya la no relación genética entre ambos yacimientos.

Algunos de los caracteres observables en las rocas estudiadas podrían ser explicados en un ambiente meteórico, tales como la transformación de biotitas en caolinitas en acordeón (BISDOM, 1967) o la acumulación de forma de sílice en niveles (BASSET, 1954; ERHART, 1973 y SMALE, 1973). Ahora bien, la existencia de procesos no justificables en dicho ambiente, así como su localización preferente en zonas de fractura, nos hacen descartar la génesis por procesos hipergénicos exclusivamente.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que nos han prestado su valiosa colaboración en distintos temas relacionados con este trabajo.

Al profesor Fúster, del Departamento de Petrología de la Universidad Complutense, por los datos de campo y muestra suministrada, así como por sus comentarios. A la doctora Benayas, del Laboratorio de Micromorfología de Suelos del C. S. I. C., por su asesoramiento sobre aspectos de alteración edáfica. A la doctora García Palacios, de la Universidad "Louis Pasteur", de Estrasburgo, por la realización de los difractogramas y sus orientaciones sobre la interpretación de los mismos. Al doctor La Iglesia, del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense, por sus comentarios a los problemas

mineralógicos. Finalmente, al doctor Aparicio, del Instituto "Lucas Mallada", del C. S. I. C., por la información y asesoramiento en los problemas de Petrología Endógena planteados.

BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO YAGÜE, A.; BARRERA MORATE, J. L.; CARABALLO y ORTEGA, J. M.; PEINADO MORENO, M. y TINAO ALCOGER, J. M.
1975. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central español. *Mem. del Inst. Geol. y Minero*, 88, 145.
- ARENILLAS, M.
1976. Nota acerca de dos afloramientos del Paleógeno en el valle de Amblés (Avila). Empleo de sus materiales en la construcción. *Tecniterrae*, 10, 8-14.
- BARRAS, F. DE LAS
1903. Algunas observaciones sobre los granitos de Avila. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 3, 110-112.
- BASSETT, H.
1954. Silicification of rocks by surface waters. *Am. J. Science*, 252, 733-735.
- BISDOM, E. B. A.
1967. Micromorphology of a weathered granite near the Ría de Arosa. *Leidse geologische Mededeelingen*, 37.
- CABALLERO, M. A.; LÓPEZ AGUAYO, F. y MENÉNDEZ, F.
1974. Estudio mineralógico y genético del yacimiento de alunita de El Negredo. *Estudios Geol.*, 30, 179-184.
- CABALLERO, A.; MENÉNDEZ, F. y MARTÍN VIVALDI, J. L.
1974. Yacimientos españoles de bauxitas y alunitas. *Bol. Geol. y Min.*, 35, 32-42.
- CORROCHANO, A.
1973. Características de la sedimentación del Paleógeno en los alrededores de Salamanca. *Estudios Geol.*, 7, 7-39.
- DESCHAMPS, M. M.
1966. Reconstitution des mirasses polygéniques dans le sidérolithique du Bourbonnais. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 262, 964-967.
- ERHART, H.
1973. *Itinéraires Géochimiques et Cycle Géologique du silicium*. Doin, París, 217 págs.
- FOLK, R. L.
1967. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas Hemphill's, Bookstore, 170 págs.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. y CARNICERO, A.
1973. El extremo noreste del gran dique del Alentejo-Plasencia. *Studia Geol.*, 6, 73-84.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L.; CORRETGE y BEA, F.
1974. El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura (Estudio comparativo). *Bol. Geol. y Min.*, 85, 308-337.
- GARZÓN, G. y LÓPEZ, N.
Los roedores fósiles de Los Barros (Avila). Datación del Paleógeno Continental en el Sistema Central, *Estudios Geol.* (en prensa).
- HAYES, J. B.
1967. Dickite in lansing group (Pennsylvanian) limestones, Willson and Montgomery Counties Kansas. *American Mineralogist*, 52, 890-895.
- HEMLEY, J. J. y JONES, W. R.
1964. Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism. *Economic Geology*, 59, 538-569.
- HEMLEY, J. J.; HOSTETLER, P. B.; GUDE, A. J. y MOUNTJOY, W. T.
1969. Some stability relations of alunite. *Economic Geol.*, 64, 599-612.
- IWAO, S. Edit.
1969. *The clays of Japan*: Geol. Surv. Jap., 209 págs.
- JIMÉNEZ FUENTES, E.
1977. Sinopsis sobre los yacimientos fosilíferos paleógenos de la provincia de Zamora. *Bol. Geol. y Min.*, 88, 357-364.
- KESLER, T. L.
1970. Hydrothermal kaolinization in Michoacan, México. *Clays and clay minerals*, 18, 121-124.
- KNIZEK, J. O.
1963. Cristobalita en arcillas. *Bol. Soc. Esp. de Cerámica*, 2, 2-25.
- LOMBARDI
1977. Alunite in Italy, Occurrence and genesis. *Proceedings of the 8th Int. Kaolin Symposium and Meeting on Alunite*, 19 págs.
- MARTÍN DONAYRE, F.
1879. Descripción física y geológica de la provincia de Avila. *Mem. Inst. Geol. y Min.*, pág. 294.
- MENDES, F.; FÚSTER, J. M.; IBARROLA, E. y FERNÁNDEZ SANTÍN, S.
1972. L'âge de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Système Central espagnol). *Rev. Fac. Cienc. de Lisboa*, 17, 345-365.
- MENÉNDEZ, F.; LÓPEZ AGUAYO, F. y LA IGLESIA, A.
1977. La alunita de Riaza (Segovia, España). Mineralogía y génesis. *8th Int. Kaolin Symposium and Meeting on Alunite*, 10 págs.
- NICOLÁU, J. y JIMÉNEZ FUENTES, E.
1972. Sobre el afloramiento pseudo-oligocénico de Muñogrande (Avila). *Studia Geol.*, 4, 153-155.
- RUBIO DE MESEGUER, D. J.; ALVARADO, A. y SAMPelayo, P. H.
1935. Explicación del nuevo mapa geológico de España E: 1:1.000.000 T. I. *Memorias del I. G. M. E.*
- SHUTOV, V. D.; ALEKSANDROVA, A. V. y LOSIEVSKAYA, S. A.
1970. Genetic interpretation of the polymorphism of the kaolinite group in sedimentary rocks. *Sedimentology*, 15, 69-82.
- SIEVER, R. y WOODFORD, N.
1973. Sorption of silica by clay minerals. *Geochim. cosmochim. Acta*, 37, 1851-1880.
- SMALE, D.
1973. Silcretes and associated silica diagenesis in south-