

## ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

# Datos mineralógicos relativos a las «ofitas» triásicas del sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban

Por M. D. RUIZ CRUZ (\*) y R. LUNAR (\*\*)

## RESUMEN

Se recogen en este trabajo los datos mineralógicos relativos a 13 afloramientos de «ofitas» triásicas situadas en el sector central de la Cordillera Subbética.

La mineralogía de los materiales ígneos y de las arcillas sedimentarias se ha determinado fundamentalmente por microscopía y difracción de rayos X.

Hemos tratado de poner de manifiesto la influencia que sobre la fracción fina de las rocas arcillosas triásicas han podido tener los episodios ígneos y las manifestaciones hidrotermales asociadas a los mismos, estableciéndose tal influencia en el sentido de un aumento en la proporción de clorita, así como de la cristalinidad de la misma en los niveles próximos al contacto con la roca ígnea o intercalados en la misma, debido probablemente al aumento local de la temperatura y a los aportes de Mg sobre las rocas próximas a los afloramientos básicos durante la intrusión de los mismos y en etapas hidrotermales más o menos tardías.

## RESUME

Les données minéralogiques de 13 affleurements d'«Ophites» triasiques, situées dans le secteur central de la Cordillera Subbétique, sont étudiées dans ce travail.

La minéralogie des matériaux ignés et des argiles sédimentaires a été déterminée, fondamentalement, par microscopie et par diffraction des rayons X.

Nous avons essayé de mettre en évidence l'influence qu'ont pu avoir les épisodes ignés et les manifestations hydrothermales associées à ceux-ci, sur la fraction fine des rochers argileuses triasiques, et nous avons établi cette influence dans le sens d'une augmentation dans la proportion de clorite, autant que la cristallinité de celle-ci dans les niveaux proches au contact avec la roche ignée ou intercalés dans celle-ci. C'est dû, probablement, à une augmentation locale de la température et aux apports de Magnésium sur les rochers proches aux affleurements basiques pendant l'intrusion de ceux-ci et en étapes plus ou moins tardives.

## INTRODUCCION

Las manifestaciones ígneas de la Cordillera Subbética están siendo objeto actualmente de un estudio detallado por parte de los miembros del Departamento de Petrología de la Universidad de Granada, estudio en el que participa una de las firmantes (RUIZ CRUZ). Recientemente ha sido publicado un avance de los datos petroquímicos recopilados hasta el momento para las «ofitas» triásicas y las rocas volcánicas y subvolcánicas jurásicas (PUGA y RUIZ CRUZ, 1980).

Con esta nota tratamos de completar el estudio mineralógico de una parte de las muestras estudiadas en el trabajo anterior, concretamente de las denominadas «ofitas» del Triás. Recogemos los datos relativos a 13 afloramientos de «ofitas» que abarcan una gran extensión de la zona subbética. El más occidental está situado junto a Osuna y el más oriental en las proximidades de Pozo Alcón.

## METODOS

En el muestreo sistemático realizado en los diferentes afloramientos y siempre que ha sido posible, se ha seguido como criterio el recoger ejemplares de rocas frescas, tantos como variaciones

petrológicas fueran observables en el campo, de rocas alteradas, mineralizaciones y rocas encajantes, frecuentemente a diferentes distancias de la roca magmática.

Mediante el estudio de lámina delgada se han elegido las rocas más representativas de cada afloramiento, a las que se les ha realizado el correspondiente análisis químico (los resultados del estudio químico se recogen en el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ, citado antes) y un diagrama de difracción de rayos X.

Los minerales opacos se han estudiado mediante el examen de probetas pulidas y por difracción de rayos X. Algunas muestras han sido analizadas mediante microsonda.

Las muestras de roca encajante (en la mayoría de los casos arcillas triásicas) se han estudiado por difracción de rayos X, siguiendo los métodos usuales en este tipo de rocas; obtención de un diagrama de polvo de la muestra total y diagramas de agregados orientados de la fracción fina, realizándose sobre estos agregados orientados los tratamientos usuales en la identificación de los diferentes minerales de la arcilla.

Se han realizado los análisis modales de las rocas más representativas de cada afloramiento, clasificándolas (siempre que ha sido posible) de acuerdo con su composición modal.

Se han medido las cristalinidades de diferentes minerales arcillosos de las rocas encajantes (a partir de los diagramas de difracción de rayos X) y se ha realizado una clasificación de las cloritas, de acuerdo con los métodos que se describirán más adelante.

## ANTECEDENTES

Desde el siglo pasado diferentes autores han venido citando las «ofitas» triásicas de la Cordillera Subbética, así como el magmatismo asociado a series mesozoicas no triásicas, más localizado en el sector central de esta Cordillera.

Es sobre todo a partir de 1960 cuando el número de datos acerca de este tipo de rocas aumenta considerablemente. Entre los trabajos de esta época destacan el de FONTBOTÉ y QUINTERO (1960), quienes por primera vez citan la existencia de pillow-lavas en la zona de Iznalloz. BUSNARDO y

CHENEVOY (1964) estudian tres afloramientos de doleritas jurásicas y comparan sus resultados con los obtenidos por otros autores en estudios realizados sobre «ofitas» triásicas.

Nuevos datos se han ido obteniendo con la publicación de una serie de Tesis Doctorales que abarcan amplias zonas de esta Cordillera. Entre otros se pueden citar los datos aportados por VERA (1969), quien expone el posible origen de estas «ofitas», comparándolas con las rocas volcánicas que arman en terrenos más modernos. SANZ DE GALDEANO (1973) recoge la localización de una serie de afloramientos de «ofitas», incluyendo una serie de datos petrológicos de las mismas, localizadas en una amplia zona al sur de Jaén. Del mismo tipo son los datos aportados por PEYRE (1974) y CRUZ SANJULIÁN (1975) sobre los afloramientos ofíticos situados en las zonas por ellos estudiadas.

GARCÍA CERVIGÓN, en su Tesis Doctoral, realiza un estudio mineralógico y geoquímico sobre rocas de este tipo localizadas en la zona este de la Cordillera Subbética, al NO de la provincia de Murcia. GARCÍA CERVIGÓN y col. (1977) estudian unos filones hidrotermales encajados en este tipo de rocas, en uno de los afloramientos incluidos por nosotros en este trabajo.

Un estudio petroquímico de las «ofitas» triásicas y de las rocas magmáticas jurásicas de la zona Subbética se ha realizado en el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ (1980), llegándose a una serie de conclusiones acerca del origen claramente independiente de ambos conjuntos magmáticos.

## LOCALIZACION DE LOS AFLORAMIENTOS

En la figura 1 se representa la localización de los afloramientos de «ofitas» estudiados sobre un mapa geológico de la zona Subbética publicado por LÓPEZ GARRIDO y VERA (1979).

En la tabla I se recoge la situación geográfica exacta, así como la situación geológica de los afloramientos estudiados, datos obtenidos en gran parte de los trabajos citados en el apartado de Antecedentes y de las Hojas del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 (IGME), números 76, 77, 78, 82 y 83. En esta tabla se utilizan unas siglas para nombrar a cada uno de los afloramientos que coinciden con las del mapa y con las

(\*) I.N.B. núm. 4 de Málaga (España).

(\*\*) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnía de la Universidad Complutense de Madrid (España).



CORDILLERAS BÉTICAS

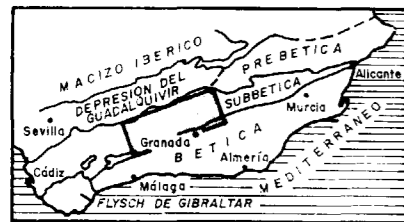


Figura 1.

empleadas en las diferentes ilustraciones del trabajo. En la tabla I se citan asimismo las siglas de todas las muestras correspondientes a cada uno de los afloramientos, aunque en las restantes tablas no se recogerán los datos correspondientes a todas las muestras, sino únicamente los de las más representativas de cada afloramiento. Asimismo se refieren los datos relativos a la estructura del afloramiento y a las características megascópicas de las rocas que lo constituyen. Estas características son bastante homogéneas para la mayor parte de los afloramientos estudiados. Así, la roca encajante más frecuente son arcillas abigarradas, yesíferas de facies Keuper, carniolas y, en menor proporción, calizas atribuidas al Muschelkalk. Del mismo modo, las estructuras más características son los bolos incluidos en una masa de roca ígnea alterada, siendo también frecuentes las brechas. En uno de los afloramientos estudiados se ha observado la existencia, en la parte superior de la roca ígnea, de posibles pillow-lavas de pequeño diámetro. Son también muy frecuentes en la roca ígnea las inter-

calaciones sedimentarias, que aparecen actualmente más o menos transformadas.

Por último, el orden de magnitud de este tipo de afloramientos es muy variable, desde diques de 0,5 a 1 m. de potencia a masas más o menos lenticulares de 1 o más kilómetros de diámetro.

RESULTADOS

En este apartado realizamos la descripción mineralógica y petrológica de los diferentes tipos de rocas ígneas, la clasificación modal de las mismas y un estudio de las rocas encajantes mediante el cual se ha tratado de poner de manifiesto el posible efecto sobre las mismas de las intrusiones.

Características mineralógicas

Recogemos las características mineralógicas de los constituyentes de las «ofitas», así como de las

TABLA I

Número	Localización	Situación geológica	Materiales encajantes	Estructura de la roca ígnea	Muestras
0-1	Km. 544,5 de la C.ª de V. de Cauche a Colmenar	Triás subbético ultrainterno y/o Dorsal Bética	Arcillas y margas del Triás	Roca ígnea muy alterada, sobre todo en las fracturas	OF-1 a OF-13
0-2	Km. 2 de la C.ª de Archidona a V. del Trabuco. Cruce con el Arroyo Marín	Triás de Antequera	Arcillas y calizas del Triás	Roca ígnea compacta. Alteración en bolos	OF-21 a OF-29 OF-201 a OF-228
0-3	Km. 396,6 de la C.ª Granada-Córdoba	Triás del Subbético Medio	Arcillas, margas y carniolas del Triás	Roca ígnea brechificada en la parte superior	OF-31 a OF-36
0-4	Km. 378,5 de la C.ª Granada-Córdoba. Borde E de la Sierra de San Pedro	Triás del Subbético Medio	Arcillas del Triás	Alteración en bolos y brechificación	OF-41 a OF-46
0-5	Km. 18 de la C.ª de Alcaudete a Las Casillas de Martos	Triás del Manto de Cambil	Arcillas del Triás	Alteración en bolos	OF-51 a OF-59
0-6	C.ª de Carchel a Jaén, junto a Carchel	Triás del Manto de Cambil	Yesos y arcillas del Triás	Alteración en bolos y brechas volcánicas	OF-61 a OF-73
0-7	C.ª de Cambil a Albuñiel, junto a Cambil	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar y posibles pillow-lavas	OF-81 a OF-90
0-8	C.ª de la Fuensanta de Martos a La Mina, junto a La Mina	Triás del Manto de Cambil	Calizas y margas del Triás	Roca ígnea compacta, estructura bolar	OF-91 a OF-94
0-9	Camino de la Rivera, a 3,5 Km. de la Fuensanta de Martos	Triás del Manto de Cambil	Arcillas del Triás	Roca ígnea muy fracturada y alterada	OF-101 a OF-104
0-10	C.ª de Osuna al Puerto de la Encina. Km. 12	Triás del Manto Antequera-Osuna	Arcillas del Triás	Estructura bolar	OF-111
0-11	C.ª de Huesa a Pozo Alcón, a unos 8 Km. de Huesa	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar	OF-121 a OF-122
0-12	C.ª de Huesa a Pozo Alcón, sobre un camino a 8,3 Km. de Huesa	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar	OF-131 a OF-139
0-13	C.ª de Algarinejo a Montefrío. Unos 7 Km. al E de Algarinejo	Triás del Subbético Medio	Arcillas del Triás	Roca muy alterada, estructura bolar	ALG-7 II SPA-8

manifestaciones hidrotermales que las afectan. La descripción se hará en el orden siguiente: minerales primarios, minerales secundarios y minerales que ocupan vesículas o filones. La mayor parte de los resultados obtenidos de los estudios microscópicos y de difracción de rayos X se han recogido en tablas, siempre que ha sido posible.

El *olivino* aparece en todas las muestras que lo contienen transformado en otros minerales. Sólo en un caso (OF-32, afloramiento núm. 3) ha sido posible identificar este mineral en el diagrama de difracción de rayos X, observándose las líneas más intensas a 2,45-2,53-2,27 Å.

Los cristales, de idiomorfos a xenomorfos, de tamaños próximos a 1 mm., aparecen frecuentemente bordeados por menas metálicas. Las alteraciones identificables en estas rocas han sido las siguientes:

— A montmorillonita, de color amarillento y alta birrefringencia (primera reflexión en rayos X de 14,79 a 15 Å, pasando a 17 Å al tratar la muestra con etilén-glicol).

— A clorita y/o clorita-montmorillonita. Es un caso frecuente que el núcleo del cristal esté transformado en el interstratificado irregular ( $14_c-14_m$ ) y el borde en clorita, de colores verdes o verde-amarillento y birrefringencia variable (la primera reflexión de 14,1 a 14,3 Å se abre ampliamente hasta 15,6 Å tras el tratamiento con etilén-glicol y se contrae hacia grandes ángulos tras el tratamiento térmico).

— A iddingsita, siendo frecuente que las menas metálicas ocupen el centro del cristal de olivino o bien que lo bordean.

La proporción de olivino en las diferentes rocas es en general muy baja, alcanzando un 8 por 100 en un solo afloramiento (núm. 3).

Los *piroxenos* constituyen del 25 al 40 por 100 de estas rocas (estos valores se refieren a rocas con pequeña proporción de matriz).

En la tabla II se recogen las características ópticas y de difracción de rayos X más significativas de estos minerales en algunas de las muestras estudiadas. Como características generales se pueden indicar las siguientes:

— Las augitas (s.l.) son los piroxenos más frecuentes en este tipo de rocas: augita s.e., ferro-

augita, augita titanífera y augita aegirínica. También son frecuentes las pigeonitas. De forma mucho más esporádica se han identificado piroxenos rómbicos.

— Por lo general, en los afloramientos de dimensiones pequeñas aparece un solo tipo de piroxeno, en tanto que en los de dimensiones mayores se han identificado hasta tres piroxenos diferentes.

— El tamaño de los cristales es muy variable, desde décimas de mm. hasta 1 o más.

— Frecuentemente se trata de cristales equidimensionales con textura pecilítica, incluyendo abundantes cristales de plagioclasa. En otros casos se trata de prismas de hábito muy alargado, generalmente de dimensiones menores que los primeros. Es frecuente que los cristales se presenten maclados.

— Son generalmente incoloros o ligeramente verdosos. La augita titanífera presenta, en cambio, una gran variación en la intensidad del color de unas muestras a otras: En cristales grandes de textura pecilítica suele presentar tonalidades claras y pleocroísmo débil, siendo mucho más coloreados los cristales de hábito muy alargado. La augita aegirínica aparece fuertemente coloreada y pleocroica en algunas muestras, en tanto que en otras presenta sólo un ligero pleocroísmo.

— Las medidas del ángulo  $2V$  y del ángulo de extinción  $Z \wedge c$  han permitido identificar los siguientes tipos de piroxeno: Un grupo presenta  $2V_x=80^\circ$  a  $90^\circ$  y  $Z \wedge c$  próximos a  $30^\circ$ . Se trata de augitas aegirínicas. Otro grupo presenta ángulos  $2V_z$  comprendidos entre  $44^\circ$  y  $56^\circ$  y ángulos  $Z \wedge c$  de  $44^\circ$  a  $54^\circ$ ; son las augitas titaníferas. En el resto de las augitas el ángulo  $2V_z$  es muy variable, siempre menor de  $58^\circ$ . Según las gráficas de HESS (1949) y MUIR (1951) (en DEER, HOWIE and ZUSMAN, 1978) estaríamos en el campo de las augitas y ferroaugitas, descendiendo en algunas muestras el ángulo medido hasta  $20^\circ$  o  $22^\circ$ , que corresponderían al campo de las augitas subcálcicas e incluso de las pigeonitas. Otro grupo de piroxenos presenta un ángulo  $Z \wedge c=0^\circ$  y ángulo  $2V_z$  muy variable, con frecuencia próxima a  $0^\circ$ . Serían términos variables de enstatita a bronzita.

— Los diagramas de difracción de rayos X que han sido muy útiles para poner de manifiesto la existencia de estos minerales, sobre todo en las rocas de tamaño de grano muy pequeño, en las

TABLA II  
Características de los piroxenos.

Afloramiento	Tamaño	Color	$2V$ y $Z \wedge c$	Alteración	Líneas más intensas	Nombre
0-1. OF-9 ... ..	0,1-0,3 mm.	Incoloro a verdoso claro	$2V_x=76^\circ$ $Z \wedge c=30^\circ$	Talco	2,99-2,95-6,5	Augita aegirínica
0-2. {	OF-22 ... ..	0,5 mm.	$2V_z=52^\circ$ $Z \wedge c=52^\circ$	Anfíbol Calcita y clorita	2,92-2,99-6,41  6,36	Augita titanífera Augita aegirínica
	OF-213 ... ..		$2V_z=58^\circ$ $Z \wedge c=34^\circ$			
	OF-28 ... ..		$2V_z=80^\circ$ $Z \wedge c=20^\circ$ $2V_z=90^\circ$			
0-3. OF-34 ... ..	En la matriz				2,89-6,50	
0-4. {	OF-42 ... ..	En la matriz		Rosáceo. Pleocroísmo débil	2,92-6,39	Augita titanífera
	OF-45 ... ..	En la matriz				
0-5. {	OF-54 ... ..		$2V_z=58^\circ$ $Z \wedge c=40^\circ$ $Z \wedge c=0^\circ$	Bastita Bastita y anfíbol	2,94-2,99-6,4 2,94-2,99-6,32	Augita Enstatita Augita
	OF-51 ... ..	4-5 mm.	$2V_z=56^\circ$ $Z \wedge c=42^\circ$			
0-6. OF-69 ... ..	Hasta 2 mm.	Rosáceo	$2V_z=44^\circ$ $Z \wedge c=54^\circ$	Anfíbol	2,92-2,98	Augita titanífera
0-7. {	OF-90 ... ..	Hasta 2 mm.	$2V_z=20^\circ$ $Z \wedge c=43^\circ$	Bastita, anfíbol y biotita	2,99-2,94-6,39	Pigeonita
	EOF-50 ... ..	Hasta 2 mm.	$2V_z=36^\circ$ $Z \wedge c=33^\circ$			
	EOF-53 ... ..	<5 mm.	Incoloro			
0-8. OF-91 ... ..	Hasta 2 mm.	Incoloro	$2V_z=40^\circ$ $Z \wedge c=43^\circ$		2,99-2,93-6,36	Augita
0-9. OF-101 ... ..	1 mm.	Incoloro	$2V_z=45^\circ$ $Z \wedge c=35^\circ$ $Z \wedge c=0^\circ$	Anfíbol, biotita, clorita, bastita Bastita	2,99-2,93-6,36	Augita Enstatita
0-10. OF-111 ... ..	1 mm.	Incoloro	$2V_z=22^\circ$ $Z \wedge c=35^\circ$	Anfíbol	2,99-2,90-6,39	Pigeonita
0-11. OF-122 ... ..	>1 mm.	Incoloro	$2V_z=56^\circ$ $Z \wedge c=34^\circ$	Clorita, anfíbol y bastita	2,92-2,99-6,41	Bronzita?
0-12. {	OF-132 ... ..	2 mm.	$2V_z=54^\circ$ $Z \wedge c=39^\circ$	Clorita, bastita y anfíbol Clorita y anfíbol ( $14_c-14_m$ )	2,99-2,90-6,36 2,99-2,90-6,36	Augita Augita
	OF-134 ... ..		$2V_z=52^\circ$ $Z \wedge c=41^\circ$			
	OF-138 ... ..	0,5 mm.	Incoloro			
0-13. SPA-8 ... ..	~1 mm.	Rosáceo				Augita titanífera

que no es posible la identificación microscópica, no ayudan, en cambio, en la determinación de las especies, pues las líneas más intensas son comunes para la mayor parte de los piroxenos.

— El grado de alteración de estos minerales es muy variable (de cristales limpios a completamente alterados), siendo los productos de alteración más frecuentes, anfíbol, biotita y titanita en

el caso de las augitas s.e. y de las augitas titaníferas, clorita y calcita en el caso de las augitas aegirínicas y bastita, clorita ( $14_c-14_m$ ) y anfíbol en el caso de las augitas subcálcicas y pigeonitas. En ciertos casos la alteración dominante es el talco.

Los *anfíboles* son constituyentes minoritarios en este tipo de rocas, al menos aparentemente y en

muchos análisis modales ni siquiera se recogen, pero es posible que en muchos casos sean más abundantes formando parte de la matriz, como se pone claramente de manifiesto en los diagramas de difracción de rayos X. Como características generales presentan:

— Siempre aparecen en cristales de pequeño tamaño, por lo cual es a veces muy difícil decidir si se trata de un mineral primario o bien de un producto de alteración de otros melanocratos. En ciertas muestras, no obstante, su situación es clara, apareciendo como un mineral muy tardío, en relación con cuarzo y prhenita.

— Suelen presentar tonos verdosos y pleocroísmo variable, generalmente poco intenso. A veces es de color marrón.

— Los valores medidos para  $2V_x$  son bastante constantes, oscilando de  $70^\circ$  a  $76^\circ$ , y los ángulos  $Z \wedge c$  de  $11^\circ$  a  $16^\circ$ , correspondiendo a hornblenda o a términos de la serie tremolita-actinolita, según TROGER (1971). En muy pocos casos el valor de  $2V$  es próximo a  $90^\circ$  y el ángulo de extinción próximo a  $0^\circ$ , valores que corresponden a una cummingtonita. Por último, en muy pocas muestras se han determinado valores de  $2V_x$  de  $50^\circ$  a  $54^\circ$  y un ángulo de extinción de  $5^\circ$  a  $15^\circ$ . Este anfíbol ha quedado, por el momento, sin identificar.

— La primera reflexión en los diagramas de difracción de rayos X varía entre 8,33 y 8,49 y la reflexión 210 de 3,05 a 3,15. Sólo en una de las muestras (OF-70) el diagrama corresponde con bastante exactitud al de una cummingtonita (ficha núm. 7.382, ASTM).

— Se alteran con frecuencia a clorita y, en menor proporción, a biotita.

Las principales características de las *plagioclasas* se reúnen en la tabla III. Como en el resto de las tablas, se han recogido únicamente los valores correspondientes a los tipos de rocas más representativos de cada afloramiento, aunque las medidas realizadas hayan sido muchas más.

Como resumen de las características más importantes podemos señalar:

— Se trata del mineral más abundante en este tipo de rocas, constituyendo siempre más de un 50 por 100 de las mismas.

— El tamaño de los cristales es muy variable de unas muestras a otras y sobre todo está en relación con la situación de la muestra dentro del afloramiento y con las dimensiones de los afloramientos. Se han medido cristales hasta de 5 mm.

— La composición presenta una amplia variación de unos afloramientos a otros, manteniéndose, en cambio, bastante constante dentro de cada uno de ellos. Los términos más frecuentes son andesina y oligoclasa; también abunda la labradorita y, en una proporción mucho menor, la albita.

— En la mayor parte de las muestras presentan una zonación directa, con núcleo ligeramente más cálcico. Son también frecuentes las zonaciones oscilantes.

— En uno de los afloramientos estudiados (0-2), los cristales de albita incluyen otros, de pequeño tamaño, parcialmente asimilados, de andesina.

— En los diagramas de difracción de rayos X las fuertes reflexiones del piroxeno, presente siempre en estas rocas, impiden en la mayor parte de los casos la determinación precisa de las plagioclasas utilizando los valores de 20 para las reflexiones 131,  $\bar{1}\bar{3}1$  y  $\bar{2}\bar{4}1$ ,  $\bar{2}\bar{4}\bar{1}$ . No obstante, en la citada tabla se recogen los valores medidos para 131 y  $\bar{1}\bar{3}1$ . Estos valores son sólo fiables en los casos de bajos contenidos en An, pues sólo entonces es posible separar las reflexiones de la plagioclasa y del piroxeno. En plagioclasas cálcicas (labradoritas sobre todo) los valores obtenidos por este método son siempre inferiores a los deducidos de la medida exacta del ángulo de extinción.

— Por lo general aparecen alteradas a los siguientes productos: Sericita, prhenita, clorita, paragonita, moscovita y epidota. En algunos afloramientos la alteración es tan avanzada que la plagioclasa es prácticamente indeterminable.

Los *feldespatos potásicos* han sido identificados en algunas de las muestras estudiadas, aunque generalmente aparecen en pequeña proporción.

Es frecuente en este tipo de rocas que junto a las típicas «ofitas» aparezcan rocas mucho más diferenciadas que presentan en su composición crecimientos micropegmatíticos de cuarzo y feldespato potásico. En la mayor parte de los casos este feldespato ha podido identificarse como mi-

TABLA III

Afloramiento y muestras	Tamaño de grano	X' (010) 2V	% An	Alteración	Otras características	Líneas en rayos X	20(131)-20( $\bar{1}\bar{3}1$ )	% An	
0-1. OF-9 ...	0,5 a 1 mm.	$22^\circ$	An <sub>38</sub>	Poca a sericita	Muy zonadas	3,21-3,18-3,76-4,04	1,15 a 1,30	An <sub>4</sub> a An <sub>10</sub>	
0-2. {	OF-22 ...	1 mm.	An <sub>8</sub> An <sub>6</sub>	Sericita y paragonita Sericita Sericita	Incluye cristales de A <sub>n</sub>	3,19-3,76-3,65-4,02	1,3	An <sub>16</sub>	
	OF-213 ...	2 a 3 mm.				$15^\circ 2V_z=80^\circ$ $17^\circ$	3,19-3,76-4,03	Indeterminable *	
	OF-28 ...								
0-3. OF-34 ...	0,5 a 1 mm.			Sericita y clorita	La mayor parte del feldespato es ortosa	3,22-3,79	No se observan estas líneas		
0-4. {	OF-42 ...	0,1 a 0,5 mm.	An <sub>20</sub>	Mucho a sericita	En OF-44 hay microclina	3,19-3,77-4,02	1,45	An <sub>18</sub>	
	OF-45 ...	0,3 mm.	An <sub>13</sub> -An <sub>27</sub>	Mucho a sericita		3,19-3,65-3,76-4,03	1,4	An <sub>15</sub>	
0-5. {	OF-51 ...	1 a 3 mm.	An <sub>52</sub>	Poco alterada	Muy zonada	3,18-3,20-3,79-4,03	1,7 *	An <sub>33</sub>	
	OF-54 ...	0,5 a 1 mm.	An <sub>52</sub>	Sin alterar		3,18-3,20-3,75-4,03	>1,7 *	An <sub>33</sub>	
0-6. OF-69 ...	0,5 a 1 mm.	$15^\circ 2V_z=72-90^\circ$	An <sub>8</sub>	Sericita y prhenita		3,18-3,75-3,64-4,00	No hay suficiente		
0-7. {	OF-90 ...	1 mm.	An <sub>46</sub>	Prhenita	Muy zonada	3,19-3,21	>1,5 *	An <sub>&gt;20</sub>	
	EOF-50	1 mm.	An <sub>52</sub>	Mucho a sericita					
	EOF-53								
0-8. OF-91 ...	Hasta 2 mm.	$34^\circ$	An <sub>60</sub>	Sericita		3,18-3,20-3,75	>1,5 *	An <sub>&gt;20</sub>	
0-9. OF-101 ...	1 mm.	$31^\circ$	An <sub>50</sub>	Poco alterada	Muy zonada	3,18-3,20-3,75-4,03	>1,5 *	An <sub>&gt;20</sub>	
0-10. OF-111 ...	1 a 2 mm.	$36^\circ$	An <sub>60</sub>	Prhenita		3,18-3,21-3,75-4,03	>1,5 *	An <sub>&gt;20</sub>	
0-11. OF-122 ...	1 a 2 mm.	$0_z$	An <sub>20</sub>	Prhenita		3,19-3,76-4,03	1,1	An <sub>4</sub>	
0-12. {	OF-132	1 mm.	An <sub>30</sub>	Sericita y prhenita Mica blanca	Hay además microclina Hay además microclina	3,18-3,65-3,76-4,02	1,1 a 1,3	An <sub>4</sub> a An <sub>10</sub>	
	OF-134	1 a 2 mm.				$14^\circ 2V_x=80_z$	3,19-3,65-3,76-4,03	1,1 a 1,5	An <sub>4</sub> a An <sub>20</sub>
	OF-138	Hasta 1 mm.							
0-13. SPA-8 ...	1 a 2 mm.	$8^\circ$	An <sub>13</sub> -An <sub>27</sub>	Completa a sericita					

\* Estas reflexiones de la plagioclasa interfieren con las del piroxeno, mucho más intensas.

croclima en los diagramas de difracción de rayos X, ya que la línea a 4,24 Å de este mineral es claramente diferenciable de las de las plagioclasas o el cuarzo. En otros casos (afloramiento 0-7), los crecimientos micropegmatíticos se han producido entre cuarzo y plagioclasa.

En uno de los afloramientos estudiados (0-2), donde no aparecen los crecimientos micropegmatíticos, se ha identificado también microclina en los diagramas de difracción de rayos X.

Por último, en el afloramiento 0-3, el único feldespato presente, totalmente alterado y no identificable al microscopio, es ortosa, puesta de manifiesto igualmente mediante los diagramas de difracción de rayos X.

Entre los *minerales opacos* determinados en las «ofitas», se encuentran ilmenita, hematites, magnetita, pirrotina y piritita.

La *ilmenita* es la mena metálica más abundante

en la mayoría de las muestras estudiadas; contiene  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que a altas temperaturas es completamente miscible, pero a baja temperatura su solubilidad es limitada, dando lugar a exoluciones de hematites.

Se han diferenciado dos tipos de ilmenita: *ilmenita I*, en cristales más o menos tabulares, sin maclar y sin exoluciones de hematites, e *ilmenita II*, maclada y con intercrecimientos laminares de hematites. La ilmenita II es posterior a la ilmenita I, a la que reemplaza. El tamaño de las exoluciones de hematites varía, pero en general está relacionado con el tamaño de los granos de ilmenita. Se ha observado también pirrotina, en forma de finas laminillas, incluidas en la ilmenita II. Es frecuente que la ilmenita sea reemplazada por rutilo.

La *magnetita* es menos abundante en general que la ilmenita y generalmente aparece asociada a ella. Es frecuente que se presente en forma de agregados con textura cataclástica, ya que es un mineral que se forma muy tempranamente. A veces, en estos granos de magnetita pueden observarse maclas laminares según (111). En ocasiones, la magnetita aparece reemplazada por pirita.

La *pirita* y la *pirrotina* son minerales poco abundantes. La pirita aparece en forma de granos dispersos, a veces reemplazados por goetita. La pirrotina únicamente se ha encontrado en algunas muestras, asociada a ilmenita.

Aunque los minerales secundarios se han ido citando al describir los minerales primarios, nos parece conveniente hacer algunas precisiones acerca de los mismos.

La *sericita* es la alteración más frecuente de las plagioclasas y también en ciertas muestras (OF-34) del feldespato potásico.

La *paragonita*, como producto de alteración de la plagioclasa sódica, ha podido identificarse mediante los diagramas de difracción de rayos X en algunas muestras correspondientes a los afloramientos 0-2 y 0-6.

La *prhenita* es también un mineral muy frecuente en estos afloramientos como producto de alteración de las plagioclasas y como mineral tardío, rellenando vesículas y filones. En el primer caso suele presentar hábito fibroso y elongación negativa. Su aspecto más frecuente en la matriz de

las rocas y en los filones es el de crecimientos fibroso-radiados de 1 ó 2 mm. de diámetro. En ambos casos los ángulos  $2V_x$  medidos son bastante constantes, de  $54^\circ$  a  $56^\circ$ . Se ha identificado también un tipo de prhenita tabular, ya citada en este tipo de afloramientos por GARCÍA CERVIGÓN (1973). Siempre se trata de un mineral fácilmente identificable en rayos X por su reflexión 106 a 3,07 Å.

La *apofilita* ha sido identificada únicamente en los diagramas de difracción de rayos X de dos de las muestras estudiadas.

La *epidota*, también muy frecuente en estas muestras, aparece en condiciones similares a la prhenita, pero en muestras diferentes. Como alteración de las plagioclasas es muy abundante en el afloramiento 0-2. Como alteración de los melanocratos abunda en las muestras tomadas en el afloramiento 0-4, y, en general, aparece muy extendida rellenando filones, junto con clorita, calcita, etc. Generalmente forma cristales tabulares o prismáticos de tamaños muy variables, color amarillento y fuerte relieve y birrefringencia. El ángulo  $2V_x=80^\circ$  corresponde a pistachita.

En rayos X suelen ser bien identificables sus reflexiones 113 y 300 a 2,90 y 2,67 Å, respectivamente.

La *calcita* es un mineral muy frecuente como producto de alteración de los melanocratos, fundamentalmente en el afloramiento 0-2, donde constituye la alteración más importante del piroxeno. En otros afloramientos es un producto de la alteración de plagioclasas.

La *clorita*, la *montmorillonita* y los *interestratificados* del tipo (14<sub>c</sub>-14<sub>m</sub>) y (14<sub>c</sub>-14<sub>v</sub>) son minerales secundarios frecuentísimos en este tipo de rocas. En la mayoría de los casos se han originado a partir de los melanocratos, aunque a veces se forman a partir de las plagioclasas. Todos ellos presentan la primera línea en los diagramas de difracción de rayos X de 14 a 15 Å. La identificación de las diferentes especies se ha realizado mediante diagramas de agregados orientados naturales, tratados con etilén-glicol y calentados a  $500^\circ\text{C}$ . Al microscopio es fácilmente identificable la clorita, por su bajo color y birrefringencia. La distinción entre (14<sub>c</sub>-14<sub>v</sub>), (14<sub>c</sub>-14<sub>m</sub>) y montmorillonita es mucho más difícil, pues sus características ópticas son muy parecidas, especialmente las de los dos últimos. Generalmente son pajillas de

pequeño tamaño, de color amarillento a marrón (especialmente 14<sub>c</sub>-14<sub>v</sub>) y birrefringencia mucho más elevada que la de la clorita. La clorita, por otra parte, es un mineral muy abundante, formando parte de la matriz de las rocas y rellenando vesículas y filones junto con cuarzo, carbonatos, menas metálicas, etc.

El *talco*, identificado en alguno de los afloramientos estudiados, es el producto de alteración más importante en el afloramiento 0-1, donde aparece en elevada proporción en todas las muestras estudiadas, pseudomorfizando los piroxenos y constituyendo la mayor parte de la matriz de estas rocas. En los diagramas de difracción de rayos X ha sido fácilmente identificado por su reflexión 100 a 9,33 ó 9,35 Å. En otras muestras, incluso dentro de este mismo afloramiento, la línea baja a 9,2 Å, por lo que es posible que se trate de pirofilita.

La *iddingsita* es otra alteración de los melanocratos de estas rocas, si bien mucho menos frecuente que los anteriores, difícilmente diferenciable de la montmorillonita.

La *bastita* es el producto de alteración dominante a partir de los piroxenos en algunos de los afloramientos estudiados, especialmente en el 0-5, donde en algunas muestras las características ópticas del piroxeno quedan totalmente enmascaradas por las de este mineral. En ciertos casos la alteración a bastita es selectiva dentro de un cristal de piroxeno, cuando éste no mantiene una composición constante del centro a los bordes, pasando a bastita únicamente las zonas más internas, menos coloreadas.

La *titanita*, mineral muy frecuente en este tipo de rocas, suele aparecer como producto de la alteración del piroxeno, junto con calcita en muchos casos, y en otros, sobre todo cuando el piroxeno es augita titanífera, junto con clorita.

Rellenando *vesículas* o *filones* que atraviesan la roca ígnea, se han identificado diferentes paragénesis minerales. En la mayor parte de los casos el mineral más abundante es la calcita, a veces como único constituyente, a veces asociado a otras especies minerales; son frecuentes las asociaciones calcita-epidota, calcita-cuarzo-prhenita, calcita-clorita-titanita, etc. También son frecuentes las asociaciones de clorita y epidota, clorita y prhenita, etc.

### Clasificación de las rocas

En la tabla IV se recogen los análisis modales realizados sobre los tipos de rocas más representativos de cada uno de los afloramientos estudiados. A partir de estos análisis modales se ha realizado la clasificación de las rocas (excluyendo aquellas cuyo porcentaje de matriz más minerales secundarios es superior al 50 por 100). Se ha seguido el método propuesto por JOHANSEN (1969). Queremos señalar que, en la mayoría de los casos, esta clasificación es imprecisa dada la escasa cristalinidad de las rocas.

En esta tabla se recogen, asimismo, las texturas de cada una de las rocas analizadas. Los términos texturales utilizados corresponden también a los descritos por JOHANSEN (1969).

### Estudio de la roca encajante

El muestreo de las rocas encajantes no ha sido, por el momento, lo suficientemente completo como para poder considerar como definitivos los resultados que se expondrán en este trabajo. En general, los sedimentos de facies Keuper no presentan condiciones en estas zonas para realizar un buen muestreo; en todo caso, el número de muestras tomadas debería ser enorme y tenderemos a ello a lo largo del estudio que estamos realizando. Es posible, además, que en muchos casos la relación entre la roca encajante y la roca magmática sea de naturaleza tectónica.

En la mayor parte de los casos las rocas encajantes son arcillas, por lo que se ha estudiado la fracción fina correspondiente a cada una de ellas. Las muestras estudiadas corresponden en unos casos a muestras tomadas en niveles intercalados en la roca ígnea y en otros casos a rocas del contacto o recogidas a diferentes distancias del mismo.

En la tabla V se recogen todos estos datos, junto con la composición cualitativa de la fracción fina.

Nuestra primera intención era realizar una serie de medidas de cristalinidades sobre ilitas y cloritas en muestras tomadas a diferentes distancias de la roca ígnea. No obstante, la composición de estas rocas no nos ha permitido, con el número de muestras estudiado, poder generalizar los resultados, ya que en muchas de ellas faltan la ilita o la clorita o las líneas de estos minerales son tan

poco intensas que no es posible utilizarlas. Los resultados correspondientes a las medidas de cristalinidades realizadas se recogen en las tablas VI y VII. En la tabla VIII se recogen las proporciones relativas de ilita y clorita en las diferentes muestras.

**TABLA IV**  
*Análisis modales, textura y clasificación de las rocas.*

Aflora- miento	Muestra	Menas me- tálicas (%)	Olivino (%)	Piroxeno (%)	Plagiocla- sa (%)	Cuarzo e in- tercreci- mientos (%)	Biotita (%)	Martiz y mi- nerales secun- darios (%)	Textura	Clasificación
0-1	0-9	8	2	27	61	1	—	1	Intersertal de grano fino	ANDESITA
0-2	OF-22	1	—	1	9	—	—	89	Pilotaxítica	MELA-ANDESITA
0-2	OF-213	—	—	35	45	1	—	17	De ofítica a intersertal de grano medio	—
0-3	OF-34	—	8	—	13	—	—	79	Intersertal de grano fino	—
0-4	OF-42	—	2	—	5	—	—	90	Intersertal de grano fino	—
0-4	OF-45	—	7	—	5	—	—	88	Intersertal de grano fino con vesículas	—
0-5	OF-54	7	—	34	48	1	2	—	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-5	OF-51	4	—	36	58	10	1	—	Diabásica de grano medio Micropegmatítica	CUARZO-BASALTO
0-6	OF-69	12	—	15	46	—	1	26	Intersertal de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	OF-90	1	—	36	55	4	—	4	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	EOF-50	2	—	34	55	1	—	8	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	EOF-53	—	—	3	8	—	—	89	Pilotaxítica	—
0-8	OF-91	1	6	39	50	3	0,5	0,5	Ofítica de grano medio	BASALTO
0-9	OF-101	2	8	27	55	0,5	1,5	6	De ofítica a intersertal de grano medio	BASALTO
0-10	OF-111	2	—	36	61	1	—	7	Ofítica de grano fino	BASALTO
0-11	OF-122	5	—	35	53	—	—	7	Diabásica de grano medio	ANDESITA
0-12	OF-132	2,5	—	39	51	6	—	1,5	Ofítica de grano medio	ANDESITA CON CUARZO+ANDESITA
0-12	OF-134	—	—	36	57	—	1	3	De intersertal a ofítica de grano medio	ANDESITA
0-13	SPA-8	—	1	4	5	—	—	90	De ofítica a intersertal de grano fino	—

**TABLA V**  
*Situación y composición de la roca encajante.*

Muestra	Litología	Situación	Composición cualitativa
OF-1	Arcillas rojas	Contacto con la roca ígnea	(14 <sub>c</sub> -14 <sub>m</sub> ) y montmorillonita
OF-2	Margas	Contacto con la roca ígnea	Clorita, Clorita <sub>Mo</sub> e Iilita
OF-5	Arcillas verdes	Intercaladas en la roca ígnea	Clorita y talco
OF-11	Arcillas rojas	Contacto con la roca ígnea	Iilita
OF-13	Arcillas rojas	A 40 m. de la roca ígnea	Iilita y clorita <sub>Mo</sub>
OF-24	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Iilita y clorita <sub>Ve</sub>
OF-25	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Iilita y clorita
OF-26	Arcillas	A 40 m. de la roca ígnea	Iilita y clorita <sub>Ve</sub>
OF-31	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Iilita y clorita
OF-41	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Iilita y clorita <sub>Mo</sub>
OF-59	Arcillas	A 50 m. de la roca ígnea	Iilita y clorita
OF-63	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Yeso y clorita <sub>Mo</sub>
OF-66	Calizas	Contacto con la roca ígnea	Calcita y clorita
OF-67	Margas?	Contacto con la roca ígnea	Iilita y clorita <sub>Mo</sub>
OF-68	Margas?	Intercaladas en la roca ígnea	Iilita y clorita
OF-81	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Talco, clorita y (14 <sub>c</sub> -14 <sub>m</sub> )
OF-89	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Clorita y (14 <sub>c</sub> -14 <sub>m</sub> )
OF-94	Mármol	Contacto con la roca ígnea	Calcita y clorita
OF-104	Arcillas	A 40 m. de la roca ígnea	Iilita
OF-133	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Yeso e ilita
OF-137	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Yeso, ilita y clorita

La tabla VI muestra las cristalinidades de las cloritas medidas de acuerdo con el método de SHERRER (en KLUG y ALEXANDER, 1959). Este método consiste en medir la anchura de la reflexión 002 a la mitad de su altura y aplicar la ecuación  $d_{002} = k \lambda / \beta \cos \theta$ , donde  $k$  es el llamado «factor de forma» que, de acuerdo con los autores antes citados, vale 0,9 para cualquier reflexión 001;  $\lambda$  tie-

ne un valor de 1,54 Å (empleando radiación CuK $\alpha$ ), y  $\beta$  es la anchura de la reflexión en la mitad de su altura, corregida de la anchura que introduce el propio difractor; en este caso se ha empleado la corrección de WARREN (recogida en KLUG y ALEXANDER, *op. cit.*), usando como referencia cuarzo bien cristalizado y de un tamaño de partícula comprendido entre 37 y 53  $\mu$ .

**TABLA VI**  
*Cristalinidad y tipo de cloritas.*

Muestra	Cristalinidad (002) Å	Índice de Weber (para ilitas)	Tipo de clorita
OF-26	1.100	2,33	Corundofilita
OF-25	1.000	2,25	Corundofilita
OF-24	950	1,77	Sheridanita
OF-5	900	2,5	Pennina-clinocloro
OF-67	850	3,64	Corundofilita
OF-2	800	2,7	
OF-59	800	1,54	Corundofilita
OF-81	650	1,7	Pennina
OF-31	550	2,8	Sheridanita
OF-41	550	Muy abierta	
OF-89	500	2	Clinocloro
OF-13	250	Muy abierta	
OF-137	200	Muy abierta	Clinocloro

También se recogen en esta tabla las medidas de la cristalinidad de la clorita realizadas según el método propuesto por WEBER (en DUNOYER, 1969) para medir la cristalinidad de la ilita.

**TABLA VII**  
*Cristalinidad de las ilitas.*

Muestra	Índice de Weber
OF-26	5,5
OF-25	4
OF-24	3,63
OF-31	3,2
OF-89	2,6
OF-104	2,35
OF-2	2,16
OF-59	1,57
OF-13	1,33
OF-41	<1
OF-68	<1

TABLA VIII  
Proporciones relativas de ilita y clorita.

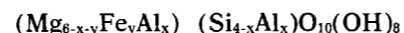
Muestra	% Ilita	% Clorita
OF-1	0	100
OF-2	35	65
OF-5	0	100
OF-11	100	0
OF-13	70	30
OF-24	50	50
OF-25	42	58
OF-26	51	49
OF-31	41	59
OF-41	10	90
OF-59	56	44
OF-63	0	100
OF-66	0	100
OF-67	17	83
OF-68	10	90
OF-81	0	100
OF-89	30	70
OF-94	0	100
OF-103	0	100
OF-104	100	0
OF-133	100	0
OF-137	47	53

En la tabla VII se recogen las medidas de cristalinidades de ilitas realizadas según el método de WEBER (*op. cit.*). Este método se basa en calcular la razón A/B en la reflexión 001 de la ilita, siendo A la altura total del pico y B la altura del punto en que el pico comienza a abrirse hacia ángulos pequeños. Este índice resulta ser poco exacto para grandes cristalinidades, donde A es muy grande y B muy pequeño, precisamente en rocas situadas al comienzo del metamorfismo, pero en las muestras estudiadas por nosotros pensamos que puede usarse con bastante garantía, pues las cristalinidades son, en general, bajas.

Las cristalinidades presentan valores de medios a bajos en las muestras estudiadas. Las mejores corresponden a las muestras tomadas en el afloramiento 0-2 (de dimensiones grandes) y a niveles arcillosos intercalados en la roca ígnea (OF-5). En niveles no arcillosos, aunque intercalados en la roca magmática, la cristalinidad es más baja (OF-2, OF-67). Los valores medios corresponden o bien a arcillas en contacto directo con la roca ígnea (OF-31, OF-81, OF-41), o bien a arcillas a poca distancia de la roca ígnea en afloramientos de grandes dimensiones (OF-89). Los valores menores corresponden, en general, a las muestras más alejadas de los contactos (OF-31, OF-137). En las muestras tomadas a mayor distancia de la roca

ígnea (tabla V) o no hay clorita o está en una proporción muy baja, por lo que estas muestras no figuran en la tabla VI.

Hemos realizado una clasificación de las cloritas siguiendo el método propuesto por BRINDLEY (1961). Se ha utilizado la correlación lineal existente entre el espaciado basal y la relación Al/Si en los tetraedros. Esta relación es la siguiente:  $d_{001} = 14,55 - 0,29x$ , donde  $x$  representa el número de aluminios en la fórmula general



Esta correlación puede utilizarse únicamente para cloritas con baja proporción de  $Fe^{3+}$ . El aluminio octaédrico se ha calculado a partir de la ecuación de ALBEE (1962)  $d_{001} = 14,52 - 0,14x$ , donde  $x$  corresponde a la suma ( $Al^{IV} + Al^{VI} + Cr$ ). El número de átomos de  $Fe^{++}$  se ha calculado a partir de la ecuación de VON ENGLEHARDT (1942)  $b = 9,22 + 0,028 Fe^{++}$ . El parámetro  $b$  se ha calculado multiplicando por seis el valor de  $d_{060}$ . A partir de estos datos y empleando los diagramas de HEY (1954) y de FOSTER (1962) se ha realizado la clasificación de las cloritas, que se recoge también en la tabla VI.

En ciertos afloramientos, en que las rocas encajantes son calizas, el efecto del metamorfismo de contacto y de la acción hidrotermal posterior se pone de manifiesto con mucha más facilidad, ya que los carbonatos aparecen recrystalizados y en ciertas zonas han crecido cristales de clorita y se ha formado magnetita, goetita y lepidocrocita.

#### DISCUSION

En la mayoría de los afloramientos la roca ígnea es intrusiva, originando cuerpos redondeados o lenticulares. No obstante, no puede descartarse, por la ausencia de estructuras típicamente volcánicas, la posibilidad de que algunas de estas rocas sean extrusivas. En otros casos, no descritos en este trabajo, se trata de diques de potencias muy variables. Estas rocas encajan en sedimentos de edad triásica, a veces bajo las calizas del Muschelkalk, que pueden haber actuado como techo, frenando el avance del material ígneo, tal como sugiere SANZ DE GALDEANO (1973), a veces, en Triás indeterminado.

Hasta ahora, y a falta de dataciones de edad absoluta, diferentes autores habían apuntado la idea de que se tratara de rocas de edad jurásica, correspondiendo su intrusión al magmatismo que afecta, con posterioridad al Triás, a la zona Subbética. Actualmente existen numerosas dudas sobre la edad de estas intrusiones; la opinión más general es que se trata, al menos para algunas de ellas, de rocas de edad triásica. Sin embargo, las dataciones de edad absoluta realizadas recientemente sobre algunas de estas rocas (VAN DE FLIERT et al, 1980), así como las realizadas sobre «ofitas» triásicas del Pirineo (CASTELLARÍN y col., 1978), suelen dar edades mucho más recientes. En los trabajos citados, así como en el de PUGA y RUIZ CRUZ (1980), se discuten las posibles causas de las discrepancias de edad deducidas para el magmatismo ofítico.

Los análisis modales realizados han permitido clasificar estas rocas como andesitas o basaltos, en la mayoría de los casos. Sin embargo, en ciertos afloramientos en que es observable una diferenciación magmática más avanzada, aparecen cuarzo-basaltos y cuarzo-andesitas. En otros casos la roca es mucho más alcalina, clasificándose como andesitas sódicas e incluso como traquitas (1).

En el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ (1980) se recogen los datos químicos y la clasificación normativa de estas rocas. Asimismo, se pone de manifiesto su origen diferente del de las rocas ígneas más recientes de la zona Subbética. Ya BUSNARDO (1964) había apuntado la posibilidad de que se tratara de magmas diferentes basándose en datos petrológicos; este autor encontraba diferencias petrográficas claras entre ambos tipos de rocas, que si bien son ciertas para los afloramientos por él estudiados, no pueden generalizarse a todos los casos.

La alteración hidrotermal ha sido, en la mayoría de los casos, muy avanzada; en ciertos afloramientos, al menos, las muestras se han tomado en canteras recientes y muy profundas, poco afectadas evidentemente por la meteorización.

En ciertos casos parece evidente la acción de un metaómatismo sódico que conduce a la albitización de la plagioclasa y al desarrollo de piro-

(1) En la muestra OF-34 (traquita) la clasificación se ha realizado a partir del análisis mineralógico efectuado sobre el diagrama de difracción de rayos X.

xenos alcalinos, fundamentalmente augita aegirínica.

Los feldespatos aparecen transformados frecuentemente en sericita, epidota y prhenita. La transformación en sericita, según MILLOT (1964), tiene lugar preferentemente en medios ricos en álcalis y sobre todo en calcio. Por otra parte, la formación de prhenita, epidota y titanita lleva a GARCÍA CERVIGÓN (1977) a admitir la presencia de soluciones hidrotermales ricas en calcio y con pH ligeramente alcalino.

En otros casos, la plagioclasa (albita) aparece alterada a paragonita. Según HEMLEY (1961), la alteración de albita a paragonita se produciría a altas temperaturas (400°) y en medio ácido. A temperaturas menores la albita tendería a transformarse en montmorillonita.

Paralelamente a la sericitación de los feldespatos, los ferromagnesianos tienden a originar clorita, en el medio alcalino producido por la hidrólisis de estos silicatos. Las cloritas originadas son ricas en Mg.

La alteración a clorita, montmorillonita e interestratificados del tipo (14-14<sub>m</sub>) es a veces dominante sobre los feldespatos, comportando un claro enriquecimiento en Mg y H<sub>2</sub>O y un medio ligeramente alcalino.

Cuando la composición mineralógica primitiva lo ha permitido (minerales ricos en Mg, enstatita y olivino, fundamentalmente), los productos de la alteración hidrotermal han sido serpentina, bronzita y talco.

Por último, unas condiciones de lavado más intensas y un medio ácido, son los responsables de la formación de pequeñas masas de caolinita en el afloramiento 0-1.

La acción de la roca ígnea sobre la roca encajante es en ciertos casos evidente, sobre todo cuando ésta no es arcillosa (afloramientos 0-2 y 0-8, por ejemplo), donde las rocas carbonatadas aparecen recrystalizadas y frecuentemente mineralizadas por efecto del hidrotermalismo posterior.

Sobre las rocas arcillosas los efectos son menos vistosos y en líneas generales podemos resumirlos así:

Se observa un aumento del porcentaje de clorita en la proximidad de la roca ígnea, debido a los aportes de Mg procedentes de la roca ígnea o de los fluidos hidrotermales asociados. Esta influencia es mucho más clara que el aumento de cristalinidad que habría podido esperarse.

Las mayores cristalinidades medidas en las cloritas corresponden al afloramiento 0-2, de grandes dimensiones, y a niveles arcillosos intercalados en la roca ígnea.

No se ha podido, por el momento, establecer ninguna relación entre la composición química de las cloritas y la proximidad con la roca magmática, pues la única constante en todas ellas es un elevado contenido en Mg, siendo la relación Si-Al muy variable, hecho atribuible a la composición inicial de la roca.

Las mayores cristalinidades medidas sobre las ilitas corresponden igualmente al afloramiento 0-2, pudiendo situarse estas ilitas en el diagrama de WEBER (1960) casi en el límite entre la anquizona y la epizona.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRINDLEY, G. W.: *Chlorite minerals* (En *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*). Brown Ed. London (1962).
- BUSNARDO, R., y CHENEVOY, M.: *Dolérites intrusives dans le Lias et le Dogger d'Andalousie; leurs différenciations pegmatitiques alcalines et aureoles de métamorphisme*. Bull. Soc. Geol. Fr., 7, IV (1962).
- CASTELLARIN, A.; LUCCHINI, F.; ROSSELL, J.; ROSSI, P.; SARTOR, R., y SAVELLI, C.: *Preliminary data on mesozoic «ophites» from the Southern Pyrenees*. Miner. Petrogr. Acta, vol. 22 (1978).
- CRUZ SANJULIÁN, J.: *Estudio geológico del sector Cañete La Real-Teba-Osuna*. Tesis doctoral, Univ. de Granada (1974).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J.: *Rock Forming Minerals*. Vol. 2-A, Ed. Longman, London (1978).
- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: *Les minéraux argileux dans la diagénese passage au métamorphisme*. Mém. Serv. Carte Geol. Als. Lor., 29, Strasbourg (1969).
- FONTBOTÉ, J. M., y QUINTERO, I.: *Lavas almohadilladas (pillow-lavas) en los afloramientos volcánicos de la transversal Iznalloz-Jaén (Cordillera Subbética)*. Notas y Com. Inst. Geol. Min. España, 60 (1960).
- FOSTER, M. D.: *Interpretation of the composition and classification of chlorites*. Geol. Surv. Prof. Paper, 414-A (1962).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.: *Estudio mineralógico y geoquímico de los productos de alteración de las rocas ígneas al NW de la provincia de Murcia*. Tesis Univ. de Granada (1973).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.; ESTÉVEZ, A., y FENOLL HACH-ALÍ, P.: *Los yacimientos de magnetita del coto minero de Cehegin (Zona Subbética, provincia de Murcia)*. Cuadernos de Geología, 7 (1976).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.; TORRES RUIZ, J., y SANZ DE GALDEANO, C.: *Nota sobre los filones hidrotermales asociados a un afloramiento de doleritas en Valdohornillo (Fuensanta de Martos, Jaén)*. Estudios Geológicos, 33 (1977).
- HEMLEY, J. J.; MEYER, C., and RICHTER, D. H.: *Some alteration reactions in the system Na<sub>2</sub>O—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 424-D (1961).
- HESS, H. H.: *Chemical composition and optical properties of common clinopyroxenes*. Amer. Min., 34 (1949).
- HEY, M. H.: *A new review of the chlorites*. Min. Mag., 30 (1954).
- JOHANSEN, A.: *A descriptive petrographie of the igneous rocks*. Chicago (1969).
- KLUG, M. P., y ALEXANDER, L. E.: *X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials*. Wiley Ed. New York (1969).
- LÓPEZ GARRIDO, A. C., y VERA, J. A.: *Recopilación Cartográfica de las zonas externas de las Cordilleras Béticas a escala 1:1.000.000* (1979).
- MILLOT, G.: *Géologie des argiles*. Ed. Mason, París (1964).
- MUIR, I. D.: *The clinopyroxenes of the Skaergaard intrusion, eastern Greenland*. Min. Mag., 29 (1951).
- PUGA, E., y RUIZ CRUZ, M. D.: *Observaciones petrológicas y geoquímicas sobre el magmatismo básico mesozoico del Sector Central de la Cordillera Subbética*. Cuadernos de Geología, en prensa (1980).
- PEYRE, Y.: *Géologie d'Antequera et de sa region (Cordillères Bétiques, Espagne)*. Thesis. Univ. de Paris (1974).
- SANZ DE GALDEANO, C.: *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis Univ. de Granada (1973).
- TRÖGER, W. E.: *Optische Bestimmung der Gesteinsbildendem Mineral*. Ed. Schweizerbart, Stuttgart (1971).
- VAN DE FLIERT, J. R.; HEBEDA, E. H.; PRIEM, H. N. A.; DE SMET, M. E. M., y VERDURMEM, E. A. Th.: *Pillow-lavas and basic intrusives of early Cretaceous age in the Contar area (provincia de Murcia)*. Betic Cordilleras, Spain. Bol. Inst. Geol. Min. España (1980).
- VERA, J. A.: *Estudio geológico de la zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes*. Tesis. Univ. de Granada (1969).

Recibido: junio, 1981