

# Mineralogía de un afloramiento de metabasitas en la Sierra del Puerto (Murcia). II. Estudio por difracción de rayos X

POR

R. Arana (\*), M. Jaén (\*\*) y R. Ortiz (\*)

## RESUMEN

En este trabajo se estudia la mineralogía de un afloramiento de metabasitas de la Sierra del Puerto (Murcia) por difracción de rayos X. Se han realizado tres transversales al afloramiento de rocas básicas con un muestreo sistemático de material fresco y alterado.

La composición mineralógica semicuantitativa por métodos de rayos X muestra un predominio de plagioclasas, anfíboles y epidota en muestras poco alteradas y un aumento progresivo de esmectita, clorita, clorita hinchable e interestratificado regular clorita-esmectita de acuerdo con el desarrollo de los procesos de transformación en las rocas básicas.

## ABSTRACT

The mineralogy of metabasites of the Sierra del Puerto (prov. Murcia) are studied in this work by X-ray diffraction. Three transversal to the basic rocks outcrop are realized with a systematic sampling of fresh and altered materials.

The semiquantitative mineralogical composition by X-ray methods shows a predominance of plagioclase, amphibole and epidote minerals

---

(\*) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Murcia.  
(\*\*) Escuela Universitaria de E.G.B., Murcia.

in little altered metabasites and an progressive increase in smectite, chlorite, swelling chlorite and smectite-chlorite regular interstratified parallelly to the transformation processes in the basic rocks.

## I. INTRODUCCION

En un trabajo anterior (Arana et al., en este mismo volumen) se hace un estudio geológico y de mineralogía óptica de un afloramiento de metabasitas situado junto a la Venta del Civil, próxima al Km. 402,6 de la CN-301 (Madrid-Cartagena), en la parte central de la Sierra del Puerto, dentro de la alineación general de la Sierra de Carrascoy. Estas rocas han experimentado una prolongada diferenciación magmática, junto a los efectos del metamorfismo alpino, de una acción hidrotermal posterior y de una etapa tardía de meteorización físico-química, lo que da lugar a una transformación progresiva de varios minerales originales de las rocas, llegando a convertirlas en muchos casos en un material desagregado y de aspecto arcilloso.

Se ha realizado un muestreo detallado en tres transversales a las masas de metabasitas, teniendo como eje el barranco junto a la Venta del Civil. En cada una se tomaron diversas muestras procurando incluir todas aquellas que presentaban diferencias acusadas y, en particular, las que a simple vista presentaban distinto grado de alteración.

A fin de aportar nuevos datos para un conocimiento más completo de estas metabasitas, en este trabajo se incluyen los resultados del estudio por difracción de rayos X de las muestras estudiadas previamente por métodos ópticos, junto a los de otras que por sus especiales características no se han podido estudiar por vía óptica.

## II. METODOS EXPERIMENTALES

Las muestras compactas se molieron en una trituradora mecánica de mandíbulas y, tras un cuarteo representativo, se molió una fracción en mortero de ágata hasta un tamaño inferior a 50 micras y se prepararon placas de polvo y de agregado orientado de cada muestra para su estudio difractométrico.

Los diagramas de difracción se han obtenido en un equipo Philips PW-1130/00, provisto de monocromador, goniómetro vertical y panel electrónico de registro. Salvo condiciones especiales, las muestras se han explorado a una velocidad de  $1^\circ/\text{min}$ , con sensibilidad de registro  $2,10^3$ ,

constante de tiempo 4 s y rendija de ventana de 1°. En las muestras con un contenido apreciable en filosilicatos, caso general, se han realizado varios tratamientos previos, tales como la solvatación con etilenglicol (Brindley, 1966), calentamiento a 550° C y ataque ácido (Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961).

Tras una identificación de los minerales presentes en cada diagrama, se ha realizado una estimación semicuantitativa de cada uno por el método propuesto por Martín Pozas (1968), basado en el poder reflectante de los minerales representados, según la siguiente expresión:

$$P_x(\%) = \frac{I_x/P_x \cdot 100}{I_a/P_a + I_b/P_b + \dots + I_n/P_n}$$

siendo  $P_x(\%)$ , tanto por ciento del mineral;  $I_x$ , intensidad de la reflexión;  $P_x$ , poder reflectante del mineral para la línea de máxima intensidad;  $I_n$ , intensidad del mineral n, y  $P_n$ , poder reflectante del mineral n para la línea de máxima intensidad.

El cálculo de estos porcentajes se ha realizado con el programa descrito por Martín Ramos (1981); no obstante, los resultados son aproximados, ya que el método tiene una serie de limitaciones debido al gran número de factores que inciden en la cuantización de fases cristalinas, tales como el tamaño de partícula, las sustituciones isomórficas, el grado de cristalinidad, la orientación preferencial, la absorción de los distintos componentes, etc. (Rodríguez Gallego, 1982). Se han utilizado los valores del poder reflectante indicados por Martín Pozas et al. (1969) y Barahona (1974). Para otros minerales cuyo poder reflectante no se conoce, se ha hecho una estimación global basada en el estudio óptico de las muestras correspondientes y figuran en el apartado de «otros minerales».

### III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se va a comentar por separado la descripción y la composición mineralógica de las muestras tomadas en cada transversal, cuya situación viene representada en la figura 1.

#### III.1. TRANSVERSAL A.

Es la más meridional y comprende metabasitas frescas y alteradas en grado variable. Son las siguientes: CA1, metabasita fresca de color verde oscuro; CA2, metabasita brechoide de grano medio, poco alterado; CA3,

masa arcillosa de color rojizo, asociada a metabasita; CA4, metabasita muy alterada, brechoide y con cantos sin cementar; CA5, metabasita con óxidos de hierro; CA6, arcilla de tonos rojizos y violáceos, asociada a metabasitas; CA8, metabasita fresca con relleno de carbonatos en fisuras; CA9, metabasita alterada, con relleno de carbonatos y óxidos de hierro en fisuras.

Con el diagrama de cada muestra se ha confeccionado una tabla global para ilustrar los diferentes minerales identificados, la intensidad relativa de las reflexiones, espaciados reticulares e índices correspondientes. En la tabla I se ilustra un ejemplo representativo para la muestra CA9, constituida por dolomita, plagioclasa, goethita, anfíbol, esmectita, feldespato potásico, epidota y clorita. Al pie de la misma se indican las referencias en la identificación de cada especie.

Para el reconocimiento de esmectitas y otros silicatos laminares se han realizado varios tratamientos previos, especialmente la solvatación con etilenglicol y el calentamiento a 550° C. Como ejemplo típico se incluye la tabla II, en la que se puede analizar el comportamiento de las reflexiones basales frente a esos tratamientos en la muestra CA8.

TABLA I  
MINERALOGIA DE LA MUESTRA CA9; TRANSVERSAL A

Línea	d(A)	I/I.	(1) Clo	(2) hkl	(2) Esm	(3) hkl	(3) Anf	(4) hkl	(4) Pla	(5) hkl	(5) Epi	(6) hkl	(6) Dol	(7) hkl	(7) Fel	(8) hkl	(8) Goe
1	15,22	19	14	001	15	001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	8,42	4	—	—	—	—	8,38	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	7,13	2	7,04	002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	6,36	3	—	—	—	—	—	—	6,38	001	—	—	—	—	—	—	—
5	5,00	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,98 020
6	4,17	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,18 110
7	4,02	10	—	—	—	—	—	—	4,03	201	4,02	200	—	—	—	—	—
8	3,76	5	—	—	—	—	—	—	3,76	111	—	—	—	—	3,77	130	—
9	3,66	8	—	—	—	—	—	—	3,66	131	—	—	—	—	—	—	—
10	3,47	5	—	—	—	—	—	—	3,49	112	—	—	—	—	3,47	112	—
11	3,40	5	—	—	—	—	—	—	—	—	3,40	102	—	—	—	—	—
12	3,32	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,31	220	—
13	3,18	35	—	—	—	—	—	—	3,18	040	—	—	—	—	—	—	—
14	3,12	9	—	—	—	—	3,12	310	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	3,02	3	—	—	—	—	3,03	311	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	2,88	100	—	—	—	—	—	—	—	—	2,90	113	2,88	104	—	—	—
17	2,79	9	—	—	—	—	2,80	330	—	—	2,78	211	—	—	—	—	—
18	2,68	12	—	—	—	—	—	—	—	—	2,68	021	—	—	—	—	2,69 130
19	2,55	5	—	—	—	—	—	—	2,55	241	—	—	2,54	015	—	—	—
20	2,44	9	—	—	—	—	—	—	—	—	2,46	1,21	—	—	—	—	—
21	2,39	8	—	—	—	—	—	—	—	—	2,40	022	2,40	110	—	—	—

Siguen 35 líneas más. Referencias: (1) Brown, pág. 288; (2) Brown, pág. 192-193; (3) A. S. T. M. 13-4; (4) A. S. T. M. 9-457; (5) A. S. T. M. 17-514; (6) A. S. T. M. 11-78; (7) A. S. T. M. 13-534; (8) A. S. T. M. 6-7

TABLA II  
 ESPACIADOS E INTENSIDADES RELATIVAS (I/I<sub>o</sub>) OBSERVADAS  
 EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS. MUESTRA CA8

d(Å)	A.O. I/I <sub>o</sub>	A.O. + E.G. d(Å)	I/I <sub>o</sub>	A.O. + 550° C d(Å)	I/I <sub>o</sub>
—	—	31,75	md	—	—
28,11	md	—	—	24,25	md
—	—	16,98	m	—	—
14,97	m	—	—	—	—
—	—	—	—	14,02	md
—	—	—	—	11,94	md
10,15	md	10,15	md	—	—
7,19	d	7,19	d	10,04	d
—	—	—	—	—	—

Abreviaturas de intensidades: m, media; d, débil; md, muy débil.

La reflexión a 28,11 Å corresponde al primer orden de un interestratificado que pasa a 31,75 Å con etilenglicol y que contrae a 24,25 Å tras el calentamiento a 550° C; el segundo orden de este interestratificado a 14,97 Å coincide con el primero de un mineral que hincha con etilenglicol y pasa a 16,98 Å. Tras el calentamiento, este pico se escinde en tres, a 14,02, 11,94 y 10,04 Å. El primero se debe a una clorita hinchable, con un segundo orden a 7,19 Å; la reflexión a 11,94 Å es el segundo orden del interestratificado que colapsa a 24,25 Å con el calentamiento (Brown y Brindley, 1980) y finalmente, el pico a 10,04 Å corresponde a la esmectita que colapsa con el tratamiento térmico, reforzando la reflexión (001) de la mica. Como resumen, los filosilicatos presentes en esta muestra son clorita hinchable, esmectita, interestratificado regular clorita-esmectita y mica.

Como compendio de las muestras de la transversal A se incluyen los resultados del análisis semicuantitativo por difracción de rayos X (tabla III), que muestran una cierta uniformidad en cuanto a los minerales mayoritarios (plagioclasa, anfíbol, epidota) y contenidos variables en las especies minoritarias. Destaca la casi ausencia de feldespato potásico, lo que se justifica sólo por la dificultad de su identificación en los difractogramas debido al solapamiento de líneas, ya que por luz transmitida se observa en la mayoría de las muestras, intercrecido con cuarzo. Los contenidos elevados de dolomita y calcita en algunas muestras derivan de los rellenos de fisuras, ya que no son constituyentes normales de las metabasitas.

La mayor concentración en esmectitas se encuentra en las muestras más desagregadas; cuando aparecen asociadas a clorita, su porcentaje disminuye sensiblemente. Finalmente, destaca la presencia de hematites

y goethita en algunos diagramas, que son especies abundantes en los rellenos mineralizados, así como escasas cantidades de otros minerales accesorios, como yeso, prehnita y pirita.

TABLA III

## ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO DE LAS MUESTRAS DE LA TRANSVERSAL A

Muestra	Smc	Clo	Pla	Anf	Epi	Mic	Yes	Pre	Hem	Dol	Cal	Fel	Goe	Cua	Otros
CA1	1	1	11	73	11	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
CA2	1	2	15	22	39	—	—	—	—	21	—	—	—	—	—
CA3	13	—	64	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—	3	H, G, P
CA4	7	—	15	25	24	—	2	—	—	24	—	—	—	—	H, P
CA5	3	3	33	28	20	1	4	8	—	—	—	—	—	—	—
CA6	32	—	25	2	8	2	—	—	31	—	—	—	—	—	—
CA8	1	2	23	20	13	1	—	—	—	26	11	—	—	—	H, P, I
CA9	3	2	19	6	9	—	—	—	—	45	—	3	13	—	—

Smc, esmectita; Clo, clorita; Pla, plagioclasa; Anf, Anfíbol; Epi, epidota; Mic, mica; Yes, yeso; Pre, prehnita; Hem, hematites; Dol, dolomita; Cal, calcita; Fel, feldespato potásico; Goe, goethita; Cua, cuarzo; Otros, trazas de: H, hematites; G, goethita; P, pirita; I, interstratificado.

## III.2. TRANSVERSAL B.

Se han estudiado por difracción de rayos X las siguientes muestras: CB1, metabasita muy alterada con óxidos de hierro; CB3, masa arcillosa con fragmentos de metabasita alterada; CB4, material de alteración en diacclasas; CB5, metabasita alterada de color verdoso; CB6, metabasita brechoide; CB7, arcilla violácea con metabasita muy alterada; CB8, metabasita fresca con arcilla y óxidos de hierro; CB9, metabasita alterada; CB10, masa arcillosa con fragmentos de metabasita.

En la figura 2 se incluye un diagrama característico de la asociación de minerales más frecuente en esta transversal, correspondiente a la muestra CB1, formada por dolomita, siderita, oligoclasa, epidota, goethita, cuarzo, esmectita, clorita y yeso.

En la tabla IV se ofrece un resumen de la composición mineralógica de las muestras de esta transversal en una estimación semicuantitativa. Destaca el elevado porcentaje de dolomita junto a la presencia constante de plagioclasa anfíbol y epidota. En esta transversal es más alto el contenido en filosilicatos, especialmente en esmectita.

TABLA IV

## ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO DE LAS MUESTRAS DE LA TRANSVERSAL B

Muestra	Smc	Clo	Mic	Anf	Pla	Epi	Dol	Cua	Cal	Hem	Goe	Sid	Yes	Fel	Otros
CB1	2	2	—	1	16	6	51	2	—	—	4	15	1	—	—
CB3	20	—	—	2	62	10	—	—	—	6	—	—	—	—	—
CB4	11	2	1	9	16	8	39	—	—	7	4	—	—	—	Q, P
CB5	3	6	2	14	62	7	3	—	—	—	—	—	—	3	—
CB6	1	1	1	44	46	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CB7	16	2	—	3	29	9	38	3	—	—	—	—	—	—	—
CB8	18	—	—	3	39	12	12	5	8	—	—	—	—	—	H, P
CB9	3	8	—	32	47	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CB10	12	—	—	21	9	16	35	—	—	6	1	—	—	—	—

Smc, esmectita; Clo, clorita; Mic, mica; Anf, anfíbol; Pla, plagioclasa; Epi, epidota; Dol, dolomita; Cua, cuarzo; Cal, calcita; Hem, hematites; Goe, goethita; Sid, siderita; Yes, yeso; Fel, feldespato potásico; Otros, trazas de: Q, cuarzo; P, piritita, y H, hematites.

## III.3. TRANSVERSAL C.

Es la más septentrional y comprende las siguientes muestras: CC1, metabasita fresca de color verde oscuro; CC2, metabasita compacta, poco alterada; CC3, metabasita alterada; CC4, metabasita parcialmente alterada; CC5, metabasita alterada con arcillas y óxidos de hierro; C6, arcilla con fragmentos de metabasita y de óxidos de hierro; CC7, metabasita fresca de color verde claro; CC9, metabasita alterada con fisuras rellenas de carbonatos; CC13, metabasita de grano fino; CC14, metabasita fresca; CC15, metabasita alterada y muy fisurada.

En la tabla V se exponen los resultados del análisis semicuantitativo por difracción de rayos X de las muestras de esta transversal.

Existe un claro predominio de plagioclasas y anfíboles y cantidades apreciables de clorita y cuarzo; éstos corresponden en parte a la paragénesis metamórfica sobreimpuesta a estas rocas, como se deduce del estudio en lámina delgada. En cantidades apreciables se identifican esmectitas en varias muestras, junto con mica y dolomita. En cambio, la caolinita está ausente en todos los casos, tal como se deduce de los diagramas de ataque ácido. También se reconocen trazas de piroxeno, antigorita e interestratificado regular clorita-esmectita.

En conjunto, se deduce que en las muestras de aspecto arcilloso predominan las esmectitas, mientras que en las compactas y poco alteradas abunda más la clorita.

TABLA V

## ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO DE LAS MUESTRAS DE LA TRANSVERSAL C

Muestra	Esm	Clo	Mic	Cua	Pla	Epi	Anf	Dol	Sid	Cal	Goe	Hem	Otros
CC1	1	11	10	6	22	3	47	—	—	—	—	—	—
CC2	1	17	14	8	20	3	37	—	—	—	—	—	—
CC3	23	2	—	5	39	5	4	14	4	—	4	—	—
CC4	2	3	7	8	28	7	42	—	—	—	—	—	I, H
CC5	17	—	—	—	38	9	3	25	—	—	5	—	A
CC6	23	—	3	6	38	—	2	15	—	6	4	—	A
CC7	5	11	4	33	33	11	1	52	3	33	—	—	—
CC9	1	2	1	2	5	—	37	2	—	—	—	—	H, P
CC13	1	9	2	—	42	4	14	5	—	—	—	—	H, Px
CC14	—	11	3	—	52	12	15	5	—	—	—	—	H, Px
CC15	5	7	—	2	18	11	13	11	—	31	—	2	—

Smc, esmectita; Clo, clorita; Mic, mica; Cua, cuarzo; Pla, plagioclasa; Anf, anfíbil; Epi, epidota; Dol, dolomita; Sid, siderita; Cal, calcita; Goe, goethita; Hem, hematitas; Otros, trazas de: I, interstratificado; H, hematitas; A, antigorita; P, prehnita; Px, piroxeno.

## IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

En las metabasitas frescas o con una alteración incipiente, los componentes dominantes son plagioclasas (oligoclasa de baja temperatura y albita), anfíboles (correspondientes a la serie tremolita-actinolita y a hornblenda), clorita (penninita y ripidolita) y cantidades variables de epidota, dolomita, cuarzo y feldespato potásico (ortosa). Debido a su escasa proporción, sólo se ha detectado piroxeno en una muestra. Estos resultados son congruentes con la mineralogía identificada en el estudio en lámina delgada, aunque en muchos casos las proporciones relativas de los distintos minerales difieren, en razón al solapamiento de varias reflexiones en los diagramas de difracción y a su interferencia mutua, lo que incide en su estimación semicuantitativa.

En las metabasitas más alteradas destaca el predominio de los filosilicatos (clorita hinchable, esmectita, interstratificado clorita-esmectita), con cantidades variables de yeso, siderita, prehnita, calcita y antigorita. Estos minerales son exponentes de la intensa alteración experimentada por estas rocas en la etapa hidrotermal y en la meteorización subsiguiente.

Algunas muestras estudiadas contenían diseminaciones o fisuras rellenas de óxidos, sulfuros y otras menas metálicas, pero salvo excepciones (sobre todo en los óxidos de hierro), no se han detectado en los diagramas de difracción debido a su bajo poder reflectante y escasa concentración en la muestra global. En este caso, el estudio por microscopía de

reflexión ha permitido identificar las diversas fases presentes y establecer las paragénesis desarrolladas y la secuencia de transformación (Arana et al., 1982). De igual modo, el estudio de numerosas láminas delgadas, permite seguir con detalle los numerosos procesos de transformación que han sufrido estas rocas y definir las paragénesis correspondientes a cada uno.

Tras el estudio de las reflexiones propias del grupo de las cloritas y de las intensidades correspondientes, se identifica una penninita, probablemente de origen metamórfico (asociada a anfíboles, cuarzo y epidota en la facies de esquistos verdes), junto a un término próximo a ripidolita, cuya formación puede haber sido por agradación, a partir de las removilizaciones de hierro producidas durante el proceso hidrotermal.

La alteración físico-química superficial que ha afectado a estas rocas se ha visto favorecida por las condiciones climáticas de semiaridez que se dan en la zona de estudio. A esta alteración se debe la presencia de finas costras calizas de exudación en la superficie de algunas metabasitas, formadas por el ascenso capilar de soluciones carbonatadas procedentes de la transformación de algunos componentes de las metabasitas, especialmente de las plagioclasas cálcicas.

Como consecuencia de los procesos anteriormente reseñados, se advierte una concentración progresivamente mayor de filosilicatos: clorita, clorita hinchable, interestratificado regular de clorita-esmectita, esmectita y antigorita. El interestratificado regular a 28 Å puede haberse originado en una transformación del tipo clorita hinchable → interestratificado a 28 Å → esmectita.



## BIBLIOGRAFIA

- ARANA, R.; JAÉN, M. y ORTIZ, R. (1982), «Mineralogía de un afloramiento de metabasitas en la Sierra del Puerto (Murcia). I. Características generales y estudio microscópico» (publicado en este mismo volumen).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (A. S. T. M.), *Selected X-Ray Powder Diffraction File*, Philadelphia, 1974.
- BARAHONA, E. (1974), «Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaluación de algunos ensayos de materias primas», Tesis, Secr. Publ. Univ. Granada, 398 págs.
- BRINDLEY, G. W. (1966), «Ethilenglycol and glycerol complexes of smectites and vermiculites», *Clay Minerals*, 6, 19.
- BROWN, G., and BRINDLEY, G. W., edits., *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification*, Mineralogical Society, London, 495 págs., 1980.
- MARTÍN POZAS, J. M. (1968), «Análisis cuntitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X», Tesis, Univ. Granada.
- MARTÍN POZAS, J. M.; RODRÍGUEZ GALLEGO, M., y MARTÍN VIVALDI, J. L. (1969), «Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. II. Influencia del catión de cambio sobre la intensidad de las reflexiones», *An. R. S. Esp. Física y Química*, 50, 19.
- MARTÍN RAMOS, J. D. (1981), «Algunas aplicaciones de las calculadoras de bolsillo en el campo de la Mineralogía», *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 3, 19-30.
- MARTÍN VIVALDI, J. L., and RODRÍGUEZ GALLEGO, M. (1961), «Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-Ray diffraction phothographs. I. Chlorite-Kaolinite mixtures», *Clay Min. Bull.*, 4, 26, 288-292.
- MARTÍN VIVALDI, J. L., and RODRÍGUEZ GALLEGO, M. (1961), «... II. Chlorite swelling, chlorite and montmorillonite mixtures», *Clay Min. Bull.*, 4, 26, 293-298.
- RODRÍGUEZ GALLEGO, M., *La difracción de los Rayos X*, Alhambra, Madrid, 366 páginas, 1982.

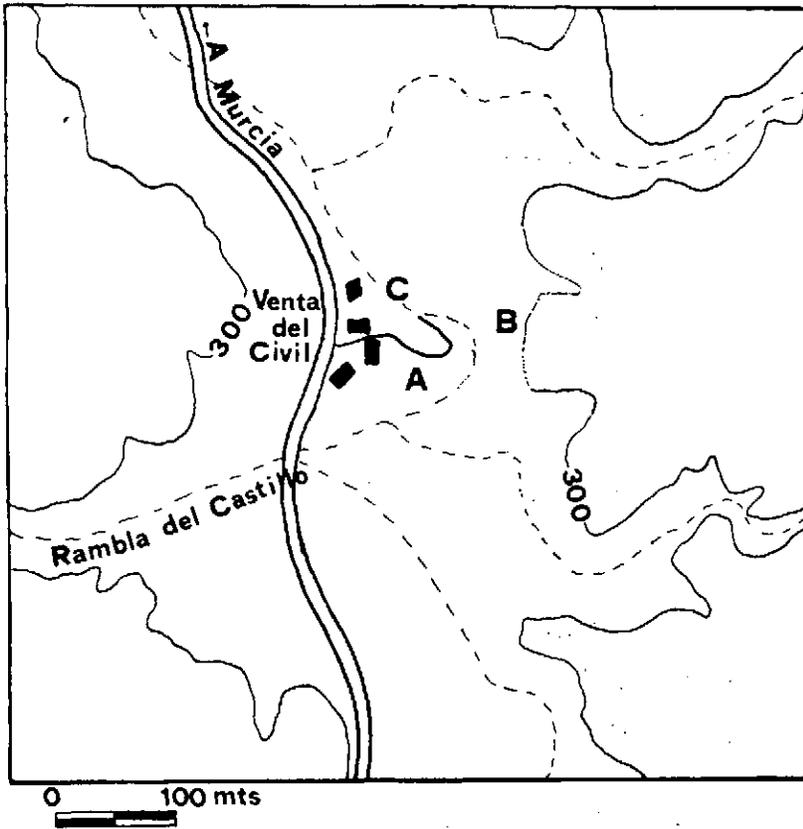


FIGURA 1.—Esquema de situación de las transversales muestreadas A, B y C.

Fig. 2

Muestra CB1

Polvo

Dolomita(D), Siderita(S), Oligoclasa(O), Epidota(Ep)

Goethita(G), Cuarzo(Q), Esmectita(E), Clorita (C) y Yeso (Y)

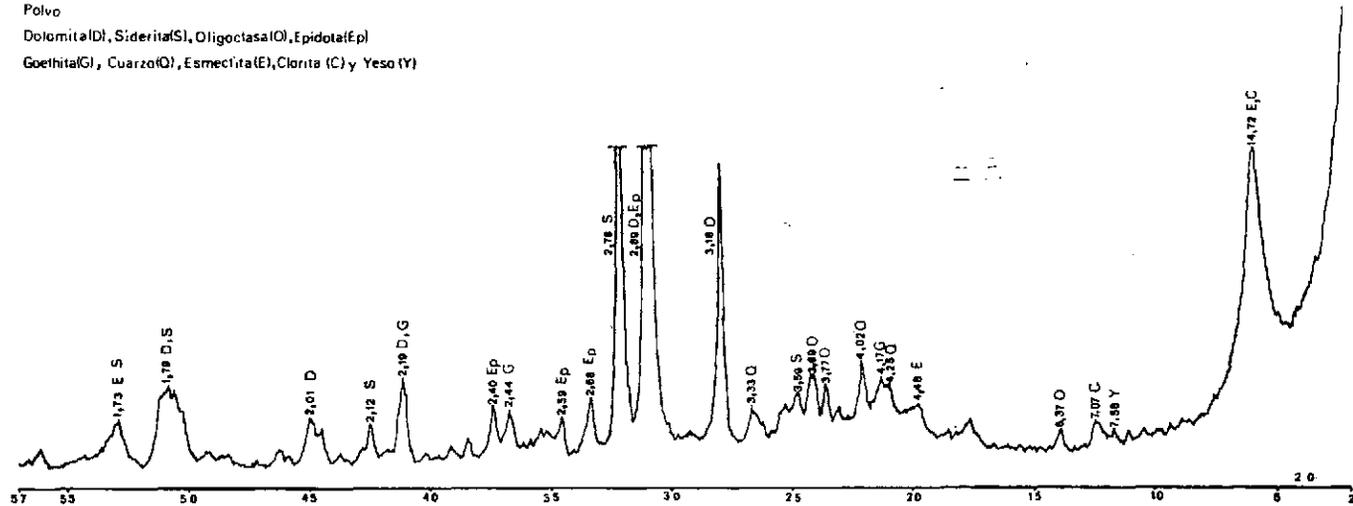


FIGURA 2.—Difractograma de polvo de una muestra compleja de metabasita alterada.