

COMPOSICION QUIMICA DEL CLINOPIROXENO

La composición química del clinopiroxeno estudiado, así como las reducciones atómicas en base a seis oxígenos y el porcentaje de los diferentes componentes se presentan en la Tabla 3.

Como puede observarse, este clinopiroxeno es básicamente una solución sólida entre jadeita y diópsido-hedenbergita con menor cantidad de acmita, siendo su fórmula general XYZ_2O_6 en donde Z corresponde a cationes que muestran coordinación tetraédrica como silicio y aluminio. Y representa a los cationes que muestran coordinación octaédrica como aluminio, hierro férrico, magnesio, hierro ferroso y titanio y X representa los cationes calcio, sodio y potasio en coordinación mayor.

Tal como es de esperarse en un piroxeno formado bajo condiciones de elevada presión, las posiciones tetraédricas están saturadas con silicio y el aluminio se encuentra en su totalidad ocupando posiciones octaédricas.

TABLA 3

COMPOSICION QUIMICA DEL CLINOPIROXENO PROVENIENTE DE ROCAS ECLOGITICAS DE LA ISLA DE MARGARITA

Oxido	% en peso	Reducciones atómicas (en base a 6 oxígenos)
SiO ₂	59,0	Si 2,05
TiO ₂	0,10	Al ^{IV}
Al ₂ O ₃	11,0	Al ^{VI} 0,44
Fe ₂ O ₃	3,22	Ti 0,01
FeO	1,30	Fe ³⁺ 0,08
MgO	8,20	Fe ²⁺ 0,04
MnO	0,11	Mg 0,41
CaO	11,5	Mn 0,01
Na ₂ O	5,70	Ca 0,43
K ₂ O	0,06	Na 0,39
		K 0,01
Total	100,19	
Clinopiroxenos componentes		
Jadeita		41,51%
Acmita		12,64%
Diópsido-Hedenbergita		45,85%

DISCUSION

El clinopiroxeno estudiado, proveniente de las rocas eclogíticas de la isla de Margarita, es una onfacita, esencialmente una solución sólida entre jadeita y diópsido-hedenbergita con un contenido moderado de acmita.

CLARK y PAPIKE (1968) encontraron que las onfacitas pueden pertenecer a los grupos espaciales C_{2/c} ó P₂ y que las onfacitas P₂ presentan un rango composicional restringido en donde la relación Na/Na+Ca es aproximadamente igual a 0,5 y la cantidad de Al en posición octaédrica es mayor que la de Fe³⁺. Este es el caso de la onfacita objeto de este trabajo en donde Na/Na+Ca=0,42 y Al Fe³⁺.

Mediante el uso de los datos obtenidos de las experiencias de difracción, no es posible distinguir entre onfacitas C_{2/c} y onfacitas P₂, para ello se requiere efectuar una determinación de estructura utilizando un cristal único, lo cual no pudo realizarse, sin embargo, por lo antes mencionado en relación al rango composicional de las onfacitas P₂, podemos asumir que la onfacita proveniente de las rocas eclogíticas de la isla de Margarita es de este tipo.

La menor simetría de estas onfacitas P₂ puede interpretarse según lo expresado por CLARK y PAPIKE (1968), como el resultado del ordenamiento de cationes, donde octaedros (Al, Fe³⁺) forman cadenas octaédricas y el Na y Ca se alternan en poliedros de mayor coordinación.

Comparando los datos obtenidos en este trabajo con los presentados por MORGAN (1970) y CLARK y PAPIKE (1968) sobre onfacitas P₂ (Tabla 2), encontramos que son bastantes similares.

CONCLUSIONES

Según se desprende de lo ya expresado anteriormente podemos concluir que el clinopiroxeno proveniente de las rocas eclogíticas de la isla de Margarita, es una onfacita del tipo estructural P₂. Según lo mencionan CLARK y PAPIKE (1968) este mineral se presenta ampliamente distribuido en las rocas de la facies de los esquistos azules de la Formación Franciscana de California U.S.A., lo que sugiere que es estable a temperaturas relativamente bajas y elevadas presiones. Condiciones metamórficas similares a estas fueron las que dieron origen a las rocas eclogíticas de la isla de Margarita (NAVARRO, 1974), por lo que la presencia de onfacita P₂ en estas rocas parece corroborar la observación de CLARK y PAPIKE (1968) de que este mineral es estable bajo las condiciones ya señaladas, asimismo, la presencia de onfacita P₂ en las eclogitas de la región de Puerto Cabello (MORGAN, 1970) hace pensar que un proceso metamórfico de alta presión y baja temperatura o en general alta P/T haya podido afectar a las rocas que hoy constituyen la Cordillera de la Costa.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo pudo efectuarse gracias a la ayuda prestada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, organismo que costó esta investigación mediante el proyecto N° 339.

El autor desea también expresar su agradecimiento al Departamento de Geología de la Escuela de Geología y Minas, Facultad de Ingeniería en cuyos laboratorios se efectuó la presente investigación, así como también a los doctores Pedro Motiscka, Franco Urbani y Jean Pascuali, quienes leyeron críticamente el presente artículo.

BIBLIOGRAFIA

- CLARK, J.R. y J.J. PAPIKE (1968). "Crystal chemical characterization of Omphacites". *Amer. Mineral.*, 53:840-868.
- MORGAN, B.A. (1970). "Petrology and mineralogy of eclogite and garnet-amphibolite from Puerto Cabello, Venezuela". *Jour. Petrol.*, 11:101-145.
- NAVARRO FARRAN, E. (1974). "Petrogenesis of the eclogitic rocks of isla de Margarita, Venezuela". *Ph. D. Dissertation, University of Kentucky*, 213 p.
- SMULIKOWSKI, K. (1960). "Comments on eclogite facies in regional metamorphism". *Proc. Int. Geol. Cong., Copenhagen*, 13:372-382.

PETROLOGIA Y GEOQUIMICA DE LAS ROCAS IGNEAS DEL AREA DE ALMONT, COLORADO

Por Franco Urbani P.

Escuela de Geología y Minas
Universidad Central de Venezuela
Apartado 50926, Caracas 105

y

W.H. Blackburn

Dept. of Geology
University of Kentucky
Lexington, Ky. 40506, U.S.A.

(Recibido en julio de 1975, en forma revisada en noviembre de 1975)

RESUMEN

Las rocas ígneas y metaígneas del área de Almont, Condado Gunnison, Colorado, U.S.A., forman parte de un basamento Precámbrico, en donde cerca del 30 por ciento lo constituyen rocas ígneas y metaígneas y el resto rocas metasedimentarias. Aunque no existen trabajos geológicos detallados de las áreas adyacentes a esta zona, se pueden establecer algunas correlaciones preliminares con litologías Precámbricas bien conocidas del oeste de Colorado. Basándonos en observaciones de campo, petrográficas y químicas, las rocas ígneas en orden cronológico de emplazamiento son: basalto (anfíbolita), gabro (metagabro), gabro cuarífero, tonalita porfirítica, tonalita biotítica y aplita. Las investigaciones petrográficas y químicas efectuadas, revelan variaciones que sugieren que las rocas ígneas de esta región forman una serie típica de los cinturones orogénicos. También se llevó a cabo una revisión de los estudios de la geocronología Precámbrica de Colorado; utilizando esta información, junto con los datos de campo, petrográficos y químicos, se puede especular sobre correlaciones en tiempo. En base a esto, las anfíbolitas corresponden a un evento volcánico previo al metamorfismo, el cual ocurrió entre 1750 y 1700 millones de años. La intrusión de tonalita biotítica, puede correlacionarse con granodioritas que afloran en zonas cercanas y han sido fechadas como de 1650 millones de años.

ABSTRACT

Igneous and metaigneous rocks comprise about 30 percent of the basement lithologies of the Almont area, Gunnison County, Colorado; the rest being metasedimentary rocks. Although the detailed geology of adjacent areas is unknown, preliminary correlations with well-known Precambrian lithologies in western Colorado can be made. According to field, petrographic and chemical observations, the igneous rocks in chronologic order of emplacement are: basalt (amphibolite), gabbro (metagabbro), quartz gabbro, porphyritic tonalite, biotite tonalite, and aplite. Mineralogical and chemical investigations reveal variations which suggest that the igneous rocks of the region form a rock series typical of orogenic belts. A review of Precambrian geochronologic studies in Colorado is made and using this information coupled with the field, petrographic and chemical observations of the present study, speculative time correlations are made. In this light, the amphibolites correspond to a volcanic event previous to the metamorphism at 1750 to 1700 m.y. The biotite tonalite intrusion may then be correlated with nearby granodiorite dated at 1650 m.y.

INTRODUCCION

Para un estudio del basamento Precámbrico de las montañas rocosas, se escogió el área de Almont en el Condado Gunnison, Colorado, debido al fácil acceso, excelentes afloramientos y gran variedad de litologías. Este informe representa parte de los resultados de un estudio continuo de la geología, petrología y geoquímica del área de Almont. La mayor parte de los trabajos previos en áreas vecinas, consisten en trabajos de exploración y evaluación minera, especialmente en los distritos auríferos de Tincup y Quartz Creek. Algunos trabajos anteriores de esta región son los de LEE (1912), EMMONS *et al.* (1894), HAYDEEN (1876), HUN-

TER (1925), STAATZ & TRITES (1952), CRAWFORD (1913, 1916), GODDARD (1936) y DINGS & ROBINSON (1957). Las áreas estudiadas por dichos autores se indican en la figura 1.

GEOLOGIA REGIONAL

Las rocas más antiguas del basamento del área de Almont son esquistos y gneises metasedimentarios, estudiados por NAVARRO & BLACKBURN (1974); estas rocas han sido intrusadas por una compleja serie de rocas Precámbricas, que varían de máficas a graníticas, las cuales serán descritas en este trabajo (Fig. 2).

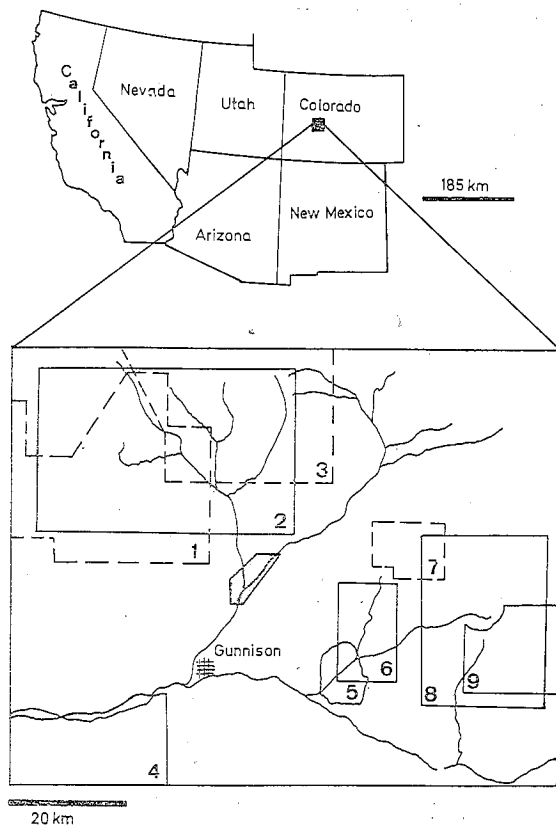


Fig. 1. Mapa de ubicación del área de Almont, Condado de Gunnison, Colorado. El área punteada fue la estudiada en este trabajo. Las otras áreas son: (1) LEE (1912); (2) EMMONS *et al.* (1944); (3) HAYDEN (1876); (4) HUNTER (1925); (5) STAATZ & TRITES (1952); (6) CRAWFORD (1916); (7) GODDARD (1936); (8) DINGS & ROBINSON (1957); (9) CRAWFORD (1913)

DINGS & ROBINSON (1957) al cartografiar geológicamente al cuadrángulo de Garfield, también en el Condado de Gunnison (Fig. 1), reconocieron los siguientes tipos de rocas ígneas: 1) Granito de Pikes Peak; 2) Diorita hornbléndica, y 3) Granito de Silver Plume. El granito de Pikes Peak en el cuadrángulo de Garfield, es similar al granito de Pikes Peak, descrito por HUTCHINSON (1960) en la zona del Front Range. DINGS & ROBINSON (1957) correlacionaron los granitos jóvenes con el de Silver Plume. Sin embargo, el uso de estos nombres no es conveniente, ya que estudios geocronológicos en el Front Range han demostrado que el granito Silver Plume es el más viejo (HEDGE, 1970). De cualquier forma, se ha demostrado que hay un granito más joven cortando a uno más viejo, aunque no está claro si existe un intervalo de tiempo significativo entre ambas intrusiones o si ellas representan dos episodios del mismo período de plutonismo.

HUNTER (1925) encontró una gran variedad de rocas ígneas, incluyendo granitos, metagabros, dioritas cuarcíferas, gabros oliviníferos, sienitas, pegmatitas y aplitas. El también incluyó algunas diabasas, así como las litologías típicas del complejo carbonatítico de Iron Hill, que en la actualidad se cree que es de edad Cámbrico a Ordovícico (HANSEN & PETERMAN, 1968; BARKER *et al.*, 1970). La variedad y secuencia de las rocas ígneas en el área de Almont, se parecen especialmente a las rocas de Cañón Negro (Black Canyon) más que las rocas del cuadrángulo de Garfield.

ALDRICH *et al.* (1956, 1957) señalan que en el Condado de Gunnison, hay rocas con edades en biotita de aproximadamente 1.350 m.a. En los granitos de Quartz Creek, los zircones tienen edades de U-Pb quizás tan viejas como 1750 m.a. Algunos trabajos posteriores han dado como resultado una dispersión bastante confusa de edades, que van desde los 900 hasta 1.750 m.a.

WETHERILL & BICKFORD (1965) trataron de resolver algunas de estas ambigüedades utilizando técnicas de Rb-Sr. Para eso hicieron varias determinaciones en roca total en 13 muestras, dando como resultado una isocrona de edad 1650 ± 35 m.a. con una relación inicial de $87_{Sr}/86_{Sr}$ de $0,702 \pm 0,002$, lo cual indica que es un valor de fuentes pobres en Rb. El plutón de tonalita biotítica expuesto en el área de Almont, es muy similar a las rocas descritas por WETHERILL & BICKFORD (1965) y por consiguiente se consideran de la misma edad.

En las rocas Precámbricas de Colorado se han llevado a cabo varios trabajos geocronológicos más recientes, como los de BARKER *et al.* (1969), HANSEN & PETERMAN (1968) y HEDGE (1970). HANSEN *et al.* estableció una tabla de correlación provisional de las principales unidades Precámbricas de Colorado.

El área de Almont fue cartografiada geológicamente usando el mapa topográfico del cuadrángulo del mismo nombre (1:24.000, 1960, U.S. Geological Survey). Las rocas Precámbricas ígneas y metaígneas allí diferenciadas, se describirán en este trabajo. El complejo metasedimentario fue descrito por NAVARRO & BLACKBURN (1974). En el área de Almont las rocas están muy bien expuestas y normalmente con muy poca meteorización, colectándose 160 muestras de rocas ígneas y metaígneas, de las cuales 52 fueron utilizadas para llevar a cabo análisis químicos y modales. En la zona de Cement Creek, ubicada al NW de Almont, también se colectaron algunas muestras de granito (Fig. 3).

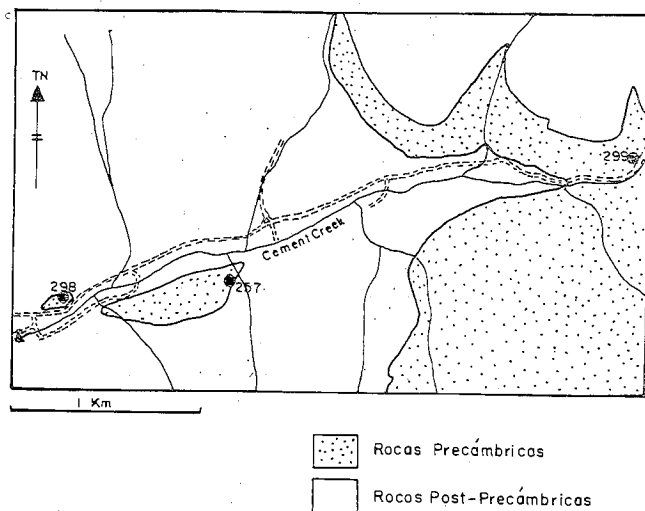


Fig. 3. Mapa de ubicación de las muestras colectadas en la zona de Cement Creek, al NW de Almont

LAS ROCAS IGNEAS

Consideraciones generales

Las rocas Precámbricas del área de Almont pueden dividirse en rocas metasedimentarias (aproximadamente 70 por ciento) y el resto está constituido por rocas ígneas y metaígneas. Todas las rocas ígneas son intrusivas dentro del com-

plejo metasedimentario y muestran una gran diversidad de tamaño, forma y carácter, desde un stock de varios kilómetros hasta diques de pocos milímetros de espesor. Estas varían desde granitos y pegmatitas hasta anfibolitas, siendo la tonalita la más abundante. Las unidades litológicas en orden cronológico de intrusión son las siguientes: anfibolitas, metagabros, gabro cuarcífero, tonalita porfirítica, tonalita biotítica, diorita hornbléndica y aplita.

Este orden está basado en relaciones de campo y evidencias de laboratorio que se discutirán más adelante. A estas rocas no se les asignaron nombres estratigráficos formales, porque la correlación específica con otras unidades de las áreas circundantes no es muy confiable con los datos disponibles.

Unidades litológicas

Las rocas que fueron estudiadas químicamente, también fueron estudiadas etrográficamente realizándose análisis modales, con un contador de punto automático marca wift. La tabla 1* presenta los análisis modales, así como el parámetro CI (cambio de identidades de CHAYES, 1956) que se utiliza en la determinación del error analítico de los análisis modales. En aproximadamente el 90 por ciento de los casos, el error analítico está por debajo del 5 por ciento. Las técnicas de análisis modales se describen en ÚRBANI (1975a) y ESCALONA (1975).

El contenido de anortita en la plagioclasa fue determinado originalmente por los métodos de Michel-Levy y Tsuboi; pero en muchos casos debido al zonado, la plagioclasa fue determinada con bastante éxito por cálculo a partir del An y Ab normativo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ An en plag.} = \frac{\text{An normativo} \times 100}{(\text{An} + \text{Ab}) \text{ normativo de la roca}}$$

Los valores calculados concuerdan bastante bien con los obtenidos por los métodos de Michel-Levy y de Tsuboi, cuando éstos pudieron ser explicados.

Se emplearon varios programas de computación para evaluar los datos petrográficos, ellos son: el programa MODAN (ÚRBANI, 1975a) que calcula el modo y el error analítico envuelto; el programa PCALO1 (ÚRBANI, 1975f) que es una modificación del programa presentado por KUMMERT *et al.* (1970) y se utilizó para calcular el contenido de anortita de la plagioclasa; y el programa STRECK (ÚRBANI, 1971, 1975d) que determina el nombre de las rocas utilizando la clasificación de STRECKEISEN (1967), así como el promedio y la desviación típica de los parámetros A, P, Q, IC y An para cada unidad litológica. El triángulo de clasificación APQ se presenta en la Fig. 4 y los promedios correspondientes, se muestran en la Tabla 2.

Anfibolita

Las anfibolitas se ubicaron sólo en dos lugares, cercanos entre sí y con coordenadas UTM 341.000 E y 4.283.000 N, en forma de cuerpos concordantes con la estratificación de los metasedimentos y con contactos muy abruptos. El mayor de esos cuerpos tiene de 30 a 50 cm de espesor y está expuesto por más de 30 m de longitud. Megascópicamente es una roca verde oscuro de grano muy fino y no foliada.

* Debido a su gran tamaño no se publicó. Una copia puede solicitarse a los autores, o puede consultarse a ÚRBANI & BLACKBURN (1974).

Las secciones finas muestran que las anfibolitas son equigranulares y con tamaño de grano promedio de 0,18 mm. Los minerales identificados en orden de abundancia son: anfíbol (actinolita), biotita, plagioclasa, epidoto y cantidades menores de magnetita, calcita, esfena, clinopiroxeno, clorita y hematita. Los análisis modales de esta unidad litológica se presentan en la Tabla 1, y los valores promedios de A, P, Q, IC y An se presentan en la Tabla 2.

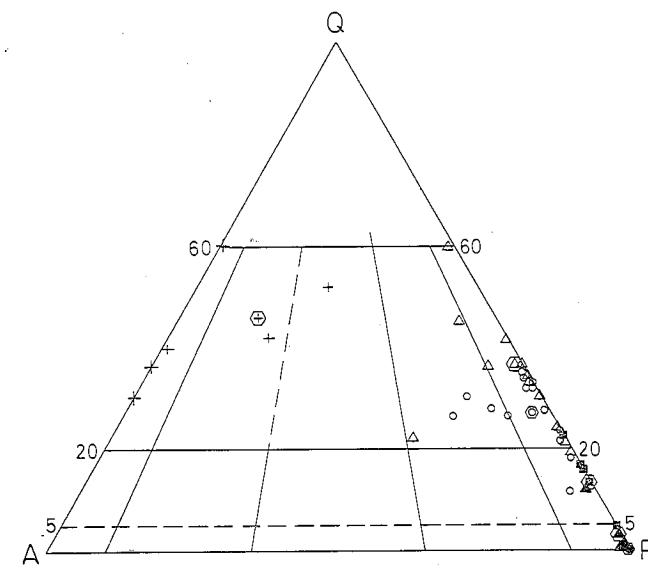


Fig. 4. Datos petrográficos en el triángulo A-P-Q de STRECKEISEN (1967). Los símbolos son: anfibolita, círculo relleno; metagabro, triángulo relleno; gabro cuarcífero, cuadrado relleno; tonalita porfirítica, triángulo; tonalita biotítica, círculo; aplita, cruz. Los símbolos rodeados por un hexágono representan los promedios de cada tipo de roca

Tipo de roca	n	An		A		P		Q		IC	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Anfibolita	2	68.	11.			100.0	0.0			94.0	2.4
Metagabro	4	61.	9.	0.36	0.71	95.9	6.4	3.8	5.7	62.5	21.4
Gabro cuarcífero	4	56.	9.			86.1	9.3	13.9	9.8	71.2	5.7
Tonalita Porfirítica	12	21.	6.	0.85	1.93	62.1	14.8	37.0	14.7	18.5	8.7
Tonalita Biotítica	14	26.	6.	2.6	4.2	69.7	7.8	27.7	6.9	17.4	4.3
Diorita Hornbléndica	1	18.		5.5		89.8		4.7		19.0	
Aplita	6	2.	3.	40.4	21.9	13.2	23.1	46.4	18.4	3.7	2.2
Granitos	3	8.	5.	41.5	17.1	22.9	20.3	35.6	6.4	4.7	2.4

Tabla 2. Valores promedio y desviaciones típicas de los parámetros petrográficos An, A, P, Q, e IC

Metagabros

En la esquina NW del área cartografiada, se encontraron tres diques de metagabros. Los afloramientos son pobres, aunque uno de los diques es de aproximadamente 2 m de ancho y con más de 40 m de longitud. Los contactos con las rocas metasedimentarias adyacentes, cuando son visibles, son muy abruptos. La foliación regional es continua a través de los contactos de las paredes del dique. Estas características, así como las asociaciones mineralógicas existentes, sugieren un emplazamiento anterior al evento del metamorfismo regional.

Megascópicamente la roca es de color verde oscuro con manchas negras debido a la biotita. Microscópicamente, la roca está constituida esencialmente por plagioclasa, biotita, actinolita y epidoto. La actinolita muestra varias etapas de al-

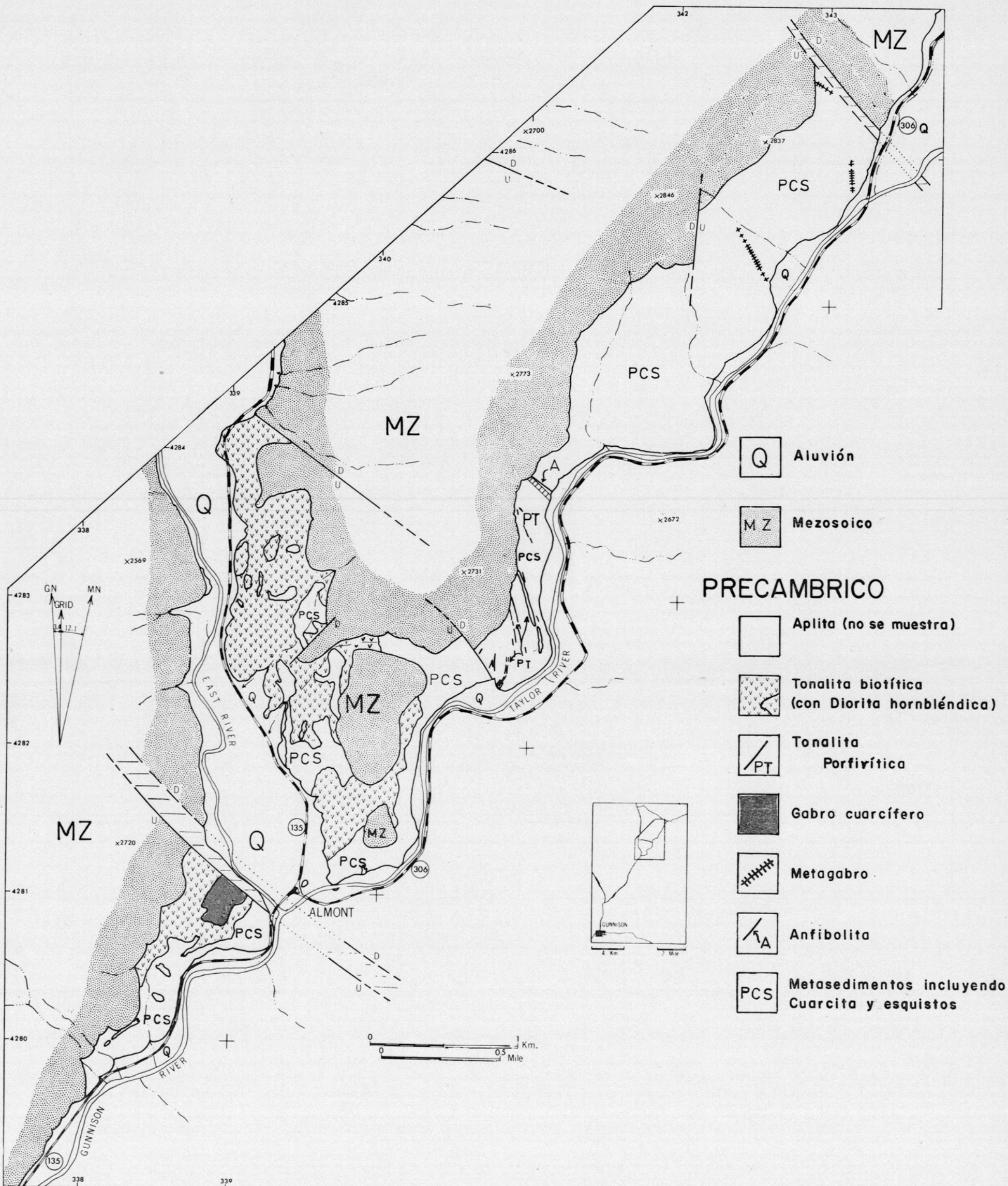


Fig. 2. Mapa geol3gico generalizado del 3rea de Almont, Condado de Gunnison, Colorado

teración a una biotita fuertemente pleocroica de color marrón oscuro. La plagioclasa generalmente no está maclada y contiene abundantes inclusiones; algunas están zonadas. El epidoto se encuentra en forma de agregados granulares anhedral. Algunos pocos cristales de epidoto muestran diferentes etapas de crecimiento.

La mineralogía de los diques de metagabro (Tabla 1) es representativa de un metamorfismo de la facies de los esquistos verdes, subfacie alta a media. Parece evidente que los diques de gabro fueron sometidos a las mismas condiciones de metamorfismo que las rocas sedimentarias adyacentes.

Gabro cuarcífero

La única localidad de importancia del gabro cuarcífero es un cuerpo aproximadamente circular, ubicado 300 m al oeste de Almont. Este cuerpo tiene aproximadamente 250 m de diámetro, y está completamente rodeado y localmente intrusionado por la tonalita biotítica. En el cuerpo principal de la tonalita biotítica se encuentran varios xenolitos redondeados de este tipo de gabro cuarcífero. También se encuentran algunas apófisis no cartografiadas que intruyen a los metasedimentos.

El estudio de campo, revela que a pesar del tamaño pequeño de este cuerpo intrusivo, existen por lo menos 4 variedades de roca, a saber: 1) Una roca conteniendo hornblenda equigranular, con un tamaño de grano promedio de alrededor de 1 mm; 2) una roca porfirítica que contiene casi 70 por ciento de grandes cristales euhedrales de hornblenda de forma elongada con unos 5 mm de longitud, y el resto de la roca es una matriz de grano fino (1-2 mm); 3) una roca porfirítica que se distingue por grandes cristales de biotita de hasta 5 mm de diámetro con contorno hexagonal; esta variedad es muy similar a la anterior, pero sin hornblenda; 4) otro tipo porfirítico similar a la variedad 2, pero con fenocristales de hornblenda mucho más elongados, algunas veces de hasta 15 mm de longitud y diámetro de cerca de 2 mm.

Todas estas 4 variedades, a pesar de sus diferencias en los aspectos texturales, son similares mineralógica y químicamente. El gabro cuarcífero no presenta evidencias de metamorfismo y por consiguiente se considera postmetamórfico y pre-tonalita biotítica.

Tonalita porfirítica

Este tipo de roca se encuentra únicamente en forma de diques, localizados en la mitad sur del área cartografiada. La mayor concentración de diques se encuentra en las coordenadas UTM 341.000 E y 4.283.000 N (Fig. 2). Todos estos diques tienen un ancho que varía entre 0,5 y 2 m y el más largo de ellos pudo ser cartografiado por 150 m.

Algunos de estos diques se encuentran ligeramente foliados, mientras que otros no. Localmente se pudo encontrar dos generaciones de este tipo de rocas, con contactos abruptos entre ellos. El material más viejo se encuentra en contacto con las rocas metasedimentarias adyacentes, y la tonalita más joven se encuentran en la parte central del dique. La parte vieja del dique es más oscura, fina y foliada que la tonalita más joven. Megascópicamente la roca es de color grisáceo claro a oscuro con fenocristales blancos de plagioclasa y algunos fenocristales bastante raros de biotita, esto le da a la roca un aspecto de carácter punteado por las manchas blancas de plagioclasa. La matriz es de grano fino (menor que 0,5 mm) y los fenocristales varían de tamaño de 1 a 3 mm. Aquellas rocas que se encuentran foliadas, lo son debido a la lineación de las micas (biotita y musco-

vita), así como, por la elongación de algunos cristales de plagioclasa. Los análisis modales se presentan en la Tabla 1.

Tonalita biotítica

Esta unidad litológica constituye el cuerpo intrusivo más grande del área, probablemente el 30 por ciento de las rocas Precámbricas del área estudiada, y quizás hasta el 95 por ciento de las rocas ígneas expuestas.

Los contactos entre la tonalita biotítica y las rocas metasedimentarias están especialmente bien expuestos al sur de Almont. En esta zona se encuentran varios tipos de estructuras migmatíticas, tales como agmáticas, raft, plegadas, pigmáticas y estructuras nebulíticas (nomenclatura según MEHNERT, 1968). Las estructuras raft están compuestas por xenolitos de rocas metasedimentarias foliadas, en forma de planchas redondeadas y rodeadas por la tonalita biotítica (Fig. 5a).



Fig. 5a. Estructura migmatítica del tipo "raft" (MEHNERT, 1986). El paleosoma son fragmentos doblados de metasedimentos. El neosoma es tonalita biotítica. SW de Almont

Las estructuras nebulíticas se encuentran en los contactos de la intrusión, lo cual indica que la reabsorción de los paleosomas se encuentra en una etapa bastante avanzada. Las estructuras agmáticas se observaron localmente y tienen un aspecto como de conglomerados sedimentarios, debido a la presencia de una gran abundancia de xenolitos semiredondeados, no mayores de 5 cm de diámetro. Estos xenolitos consisten de las demás rocas ígneas previamente descritas, además de los metasedimentos.

La Fig. 5b muestra un xenolito de tonalita porfirítica en la tonalita biotítica.

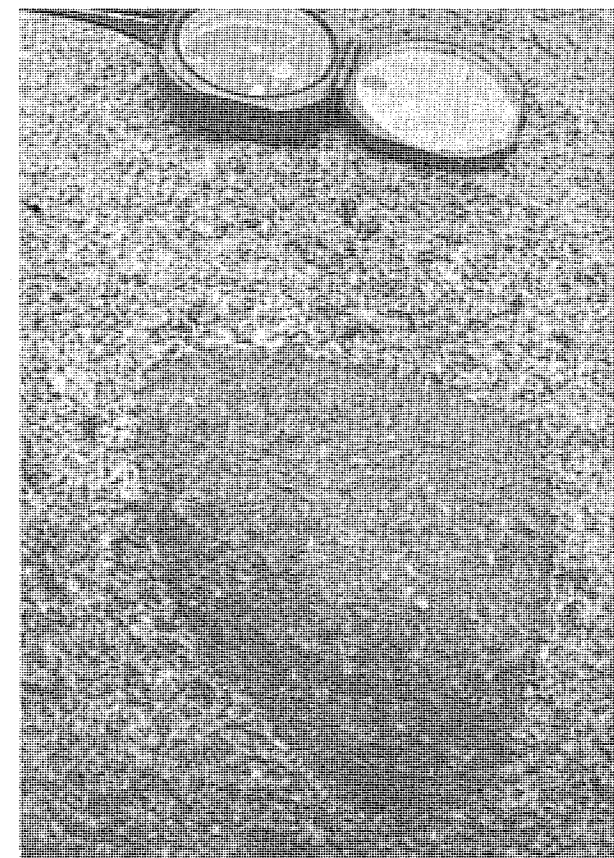


Fig. 5b. Xenolito de tonalita porfirítica en tonalita biotítica

La tonalita biotítica es bastante uniforme en toda el área estudiada, con un color fresco gris claro y tamaño de grano variable entre 0,5 y 6 mm con un promedio de cerca de 2 mm y no está foliada. Las únicas características de orientación son algunas capas de biotita observadas localmente cerca de algunos contactos y éstas probablemente son estructuras nebulíticas. La roca es generalmente equigranular y de mineralogía simple, que en orden de abundancia es: plagioclasa, cuarzo, biotita, microclino, muscovita, epidoto y cantidades menores de calcita, apatito, zircón, anfíbol, esfena y opacos. La plagioclasa siempre se encuentra zonada con un porcentaje promedio de An 26 ± 6 . Comúnmente los granos tienen centros más cálcicos que están alterados a muscovita, epidoto y calcita. El microclino es un mineral intersticial entre la plagioclasa. Muy localmente hay unas texturas peritíticas. La biotita es de color oscuro con pleocroísmo sumamente fuerte. Algunas muestras tomadas cerca de algunas fallas, muestran hojuelas de biotita dobladas y cuarzo altamente ondulatorio.

Diorita hornbléndica

En la sección centro-oeste del área cartografiada, se encontraron 4 pequeños cuerpos de diorita hornbléndica, todos ellos incluidos dentro de la unidad de tonalita biotítica. Estos cuerpos forman aproximadamente un "cuadrado" y en cada esquina se encuentra uno de esos cuerpos, con 200 m de separación entre ellos. La roca tiene un color característico rosado y contiene abundante feldespato y cuarzo. La hornblenda se encuentra en cantidades, forma y tamaño va-

riable, pero usualmente en forma de pequeñas agujas. El tamaño del grano promedio es de cerca de 2 mm, pero algunos granos de plagioclasa pueden alcanzar hasta 7 mm de diámetro.

Los contactos entre esta unidad y la tonalita son difíciles de seguir debido a su naturaleza difusa. En algunas localidades las acumulaciones de hornblenda sugieren una incompleta asimilación de xenolitos. Estas características, así como observaciones químicas, parecen indicar que los cuerpos de diorita hornbléndica son zonas dentro de la tonalita biotítica que están altamente contaminadas con xenolitos de rocas máficas.

Aplitas

Los diques de aplita son muy comunes, y fueron observados cortando prácticamente todos los demás tipos de rocas de la zona. Usualmente son de color rosado y de grano muy fino, con un promedio de alrededor de 0,1 mm; hay algunos pocos fenocristales de plagioclasa con un tamaño de grano máximo de hasta 2 mm lo cual ocurre muy localmente. El espesor de los diques varía desde unos pocos milímetros hasta más de un metro. Petrográficamente las aplitas varían en composición desde granito alcalino hasta monzogranito, tal como se muestra en la Fig. 4 y en la Tabla 1.

ESTUDIOS GEOQUÍMICOS

De las diversas unidades litológicas, se escogieron 52 muestras representativas para llevar a cabo análisis químicos de roca total. Estas muestras fueron escogidas por estar poco meteorizadas y representar toda la variedad de rocas existentes en la zona.

Las determinaciones químicas fueron hechas por espectrometría de absorción atómica (Na, Mg), espectrometría de rayos X (Si, Al, Ti, Fe, Mn, Ca, K), titulación (FeO) (URBANI, 1975b), y una variación de pérdida al rojo para el total de volátiles (URBANI, 1975c). El procesamiento de datos se hizo con un paquete de programas para computación (URBANI, 1975 e). La Tabla 1 presenta la composición química de todas las muestras analizadas.

De acuerdo con la clasificación de KUNO (1959, 1968) tanto las anfíbolitas como los metagabros se consideran como tholeiíticos. Esto se muestra en el gráfico de Al_2O_3 vs $Na_2O + K_2O$ para diferentes concentraciones de SiO_2 o en el gráfico de $(Na_2O + K_2O)$ vs SiO_2 (Fig. 6). Las dos muestras de anfíbolitas son bastantes bajas en sílice y ambas exhiben olivino normativo. Los metagabros por otro lado, tienen más SiO_2 , Al_2O_3 y álcalis, mientras que contienen menos MgO, CaO y Fe total, y típicamente contienen cuarzo normativo. De acuerdo con la clasificación de YODER & TILLEY (1962), los metagabros son de composición tholeiítica. Estas observaciones químicas, así como las relaciones de campo, sugieren que las anfíbolitas concordantes representan flujos basálticos dentro de un ambiente sedimentario. Los metagabros, por otro lado, son definitivamente intrusivos. Ambos tipos de rocas han pasado por un período de metamorfismo y las relaciones de campo indican que estas son las rocas ígneas más antiguas del área.

La composición química del gabro cuarcífero es intermedia entre las anfíbolitas y los metagabros. Su composición química es bastante uniforme en la intrusión. Sin embargo, algunas variaciones en los parámetros químicos en las 4 muestras analizadas, pueden ser atribuidas a cambios en las condiciones fisicoquímicas durante la cristalización o debido a asimilación de las rocas encajantes. La observación en el

campo de acumulaciones de biotita, sugieren la asimilación de xenolitos máficos. Todas las muestras tienen cuarzo modal y normativo, a excepción de la muestra Co-78 que contiene olivino olivino que concuerda con su carácter altamente máfico.

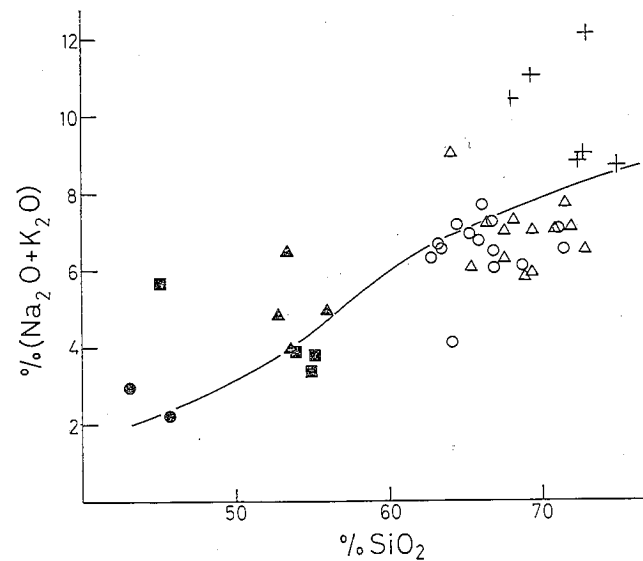


Fig. 6. Diagrama de variación SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. La línea divide los campos de los basaltos alcalinos (arriba) y toleíticos (abajo), según KUNO (1959). Los símbolos son los mismos ya utilizados en la Fig. 4

La tonalita porfirítica, así como la tonalita biotítica, aunque exhiben relaciones de campo y fábrica totalmente diferentes, tienen una mineralogía y una composición química bastante similares. Cuando los promedios y las desviaciones típicas de todos los óxidos se calcularon, se llevaron a cabo pruebas *t* para las muestras, resultando que la hipótesis de que las medias son iguales, siempre es aceptada a un nivel de significación del 95 por ciento.

Las aplitas muestran muy grandes variaciones en composición química y mineralógica, variando desde granito alcalinos, granito cuarcífero y granodiorita (Fig. 3). Comparando la composición química de las aplitas con las tonalitas, ellas son tal y como se debe esperar, más bajas en Fe total, MgO, CaO y TiO_2 . Y por otro lado, son típicamente más alta en Na_2O y con cantidades casi iguales de SiO_2 y Al_2O_3 . Sin embargo, hay grandes variaciones en SiO_2 , Al_2O_3 y Na_2O que puede ser debido a contaminación con la roca caja, especialmente en diques delgados.

INVESTIGACIONES EN UNA SERIE DE ROCAS IGNEAS

Las rocas intrusivas del área de Almont, parecen corresponder a una serie comagmática como lo sugiere la relación espacial tan cercana de estos cuerpos intrusivos, sus típicas relaciones de edad observadas en el campo, y la posibilidad de que al menos las rocas intrusivas postmetamórficas fueron emplazadas en un período de tiempo relativamente corto. Se sobreentiende que sin estudios isotópicos detallados, las conclusiones alcanzadas no pueden ser definitivas. Sin embargo, los datos químicos disponibles junto con las observaciones de campo y petrográficas permiten realizar interpretaciones sobre la naturaleza de esta secuencia.

La Fig. 7 muestra la composición de las rocas ígneas de Almont, comparado con la tendencia composicional de la

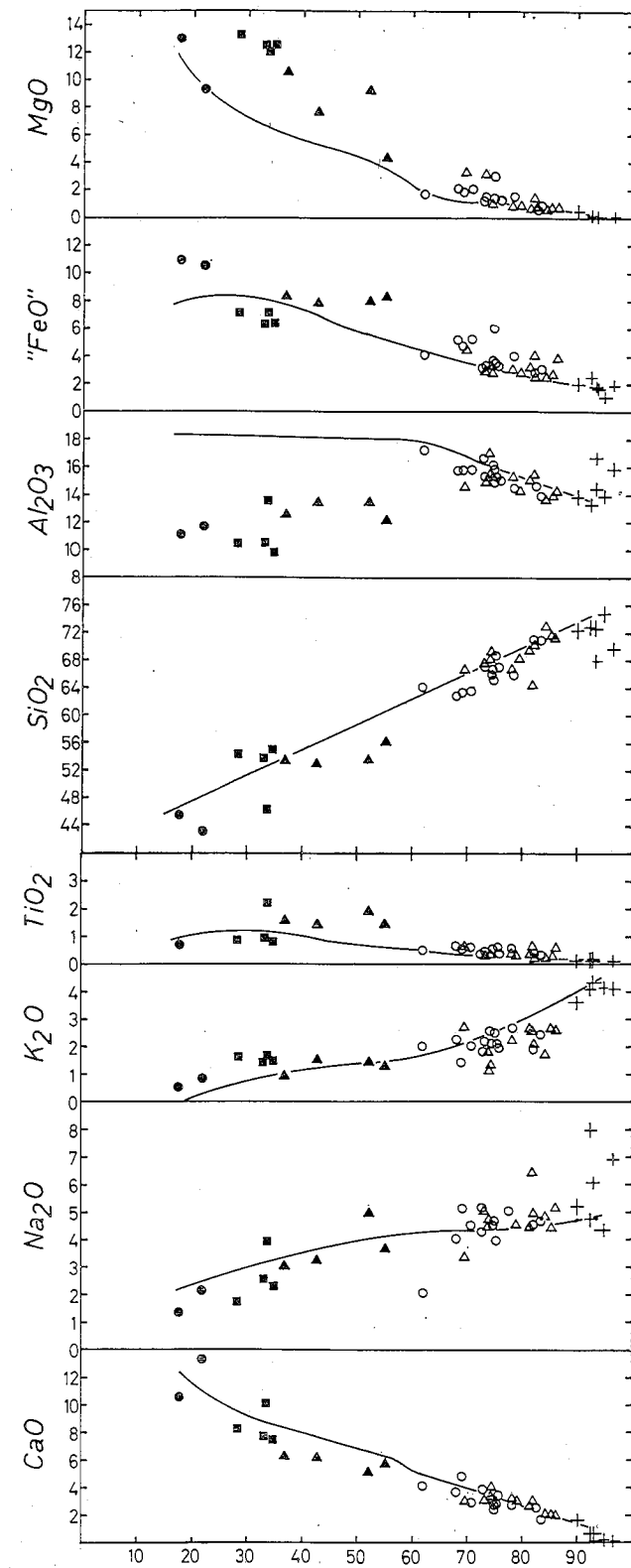


Fig. 7. Diagramas de variación de las rocas ígneas de Almont. Los óxidos se presentan vs el índice de diferenciación de THORNTON & TUTTLE (1960). "FeO" significa Fe total recalculado a FeO. La línea de tendencia corresponde a la serie volcánica de Cascade

secuencia volcánica Cascade. Es obvio que ambas tendencias son muy similares, con la diferencia principal entre las 2 series, en que los diferenciados más tempranos del área de Almont son mucho menos aluminosos y más magnesianos. La variación de las rocas intrusivas de Almont, también se muestra en términos de Fe total, MgO y total de álcalis (Fig. 8), donde se presenta la tendencia de los sucesivos líquidos de Skaergaard (WAGER, 1960), la tendencia alca-

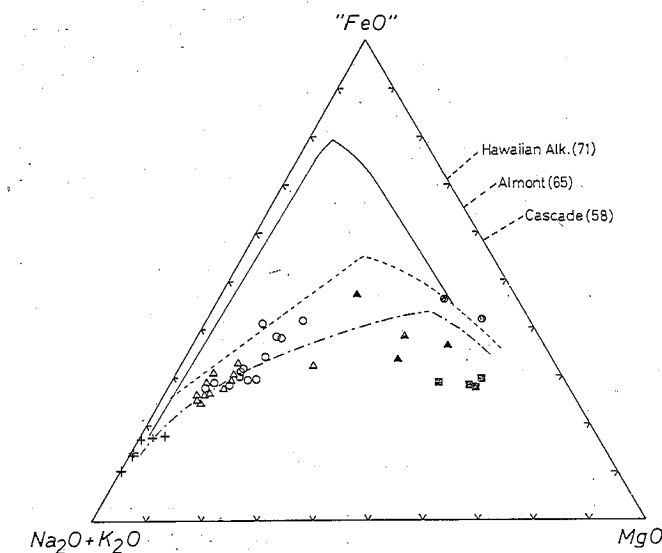


Fig. 8. Diagrama $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{MgO} - \text{FeO}$ para las rocas de Almont. La línea continua representa la tendencia de los líquidos de Skaergaard (WAGER, 1960). La línea segmentada es la tendencia alcalina de Hawaii (MACDONALD & KATSURA, 1964) y la línea segmento-punto es para la serie Cascade (TURNER y VERHOOGEN, 1960). Símbolos como en la Fig. 4

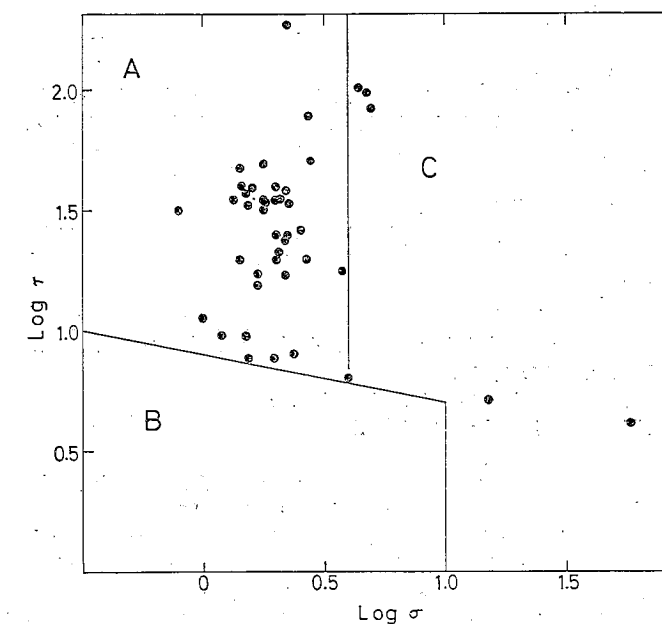


Fig. 9. Diagrama GOTTINI-RITTMAN de las rocas de Almont. $\tau = (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}) / \text{TiO}_2$ y $\sigma = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})^2 / (\text{SiO}_2 - 43)$. El campo A incluye las rocas de zonas orogénicas y áreas de islas. Los derivados alcalinos caen en el campo C

lina de Hawaii (MAC DONALD y KATSURA, 1964). Es obvio entonces, que las rocas ígneas del área de Almont siguen una tendencia que tienen relación ferrofémica (COATES, 1968) de 65 comparado con 71 y 58 respectivamente para la serie alcalina de Hawaii y de la provincia Cascade. La tendencia de fraccionación es propia de típicos líquidos toleíticos de zonas orogénicas (OSBORN, 1962). Como soporte a esta teoría se presentaron los datos en el diagrama de Gottini-Rittman (Fig. 9), que muestra que las rocas de Almont caen en casi su totalidad, en el campo designado para las rocas representativas de cinturones orogénicos (GOTTINI, 1970 y RITTMAN, 1970). Sin embargo, la situación más probable es que haya dos secuencias separadas de rocas ígneas, la primera está representada por basaltos toleíticos interestratificados con sedimentos Precámbricos y con diques gabroides y diabásicos asociados, intrusionando estos mismos sedimentos. Estos dos tipos de rocas fueron sujetos a un metamorfismo regional a los 1700 m.a. (HANSEN & PETERMAN, 1968). La segunda secuencia ígnea es postmetamórfica, produciéndose una serie de gabbro cuarcífero, tonalita y aplita de carácter calcoalcalino.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

Las rocas del área de Almont, Condado de Gunnison, Colorado, U.S.A., están constituidas por alrededor de un 70 por ciento de rocas metasedimentarias y el resto por rocas ígneas y metaígneas. Los tipos de rocas ígneas, de más viejo a más joven incluyen las siguientes: anfibolitas, metagabbro, gabbro cuarcífero, tonalita porfirítica, tonalita biotítica y aplita. Esta amplia gama de tipos de roca, que varía desde ultramáficas hasta rocas graníticas, sugieren un magma primario de composición basáltica.

Las anfibolitas son concordantes con la estratificación de la roca caja y se interpretan como flujos de basaltos. Su composición química es la de los basaltos toleíticos olivínicos con cerca de un 6 por ciento de olivino normativo. Los metagabbros se encuentran en forma de diques, que cortan las rocas metasedimentarias y su composición química es la de basaltos toleíticos con cuarzo normativo. Tanto las anfibolitas como los metagabbros, sufrieron los efectos de un episodio de metamorfismo regional posterior a su intrusión, que alcanza las subfacies media a alta de las facies de los esquistos verdes.

La intrusión de gabbro cuarcífero es más joven que la del metagabbro y posteriormente a su emplazamiento hubo una intrusión de magmas tonalíticas que condujo hacia una fuerte disminución de hierro, típica de la diferenciación en zonas orogénicas. El gabbro cuarcífero es muy similar al encontrado en el cercano Black Canyon (HUNTER, 1925) y se interpreta que su emplazamiento ocurrió después del clímax metamórfico, siendo de tipo tectónico tardío. Sin embargo, el gabbro cuarcífero exhibe algunas alteraciones minerales menores, que prueban haber sido producidas en un período postcrystalización, pero durante la declinación general de las condiciones metamórficas.

Los diques de tonalita porfirítica parecen ser más jóvenes que el gabbro cuarcífero, aunque no está totalmente claro en las relaciones de campo. Sin embargo, los metasedimentos estaban ya buzando ángulos bastante altos, usualmente mayores de 60° , cuando fueron emplazados los diques de tonalita porfirítica y hay buena evidencia de que existe una tonalita vieja foliada, que fue intrusionada durante las etapas finales del evento de metamorfismo regional. *A posteriori* una nueva generación de tonalita porfirítica fue emplazada en estas mismas fracturas reactivadas.

Siguiendo la intrusión de tonalita porfirítica, un magma de casi su misma composición química fue emplazado, dando lugar a un cuerpo de tonalita biotítica. Esta es la intrusión más grande del área cartografiada y es muy uniforme en la mayor parte de su extensión. La tonalita biotítica no ha sufrido los efectos de metamorfismo y desarrolla zonas migmatíticas, algunas de las cuales indican asimilación avanzada, pero en escala muy local, esto es especialmente evidente en los contactos entre la tonalita biotítica y los metasedimentos. La intrusión de la tonalita biotítica fue el último evento ígneo de importancia durante el Precámbrico en el área de Almont. Algunos pequeños diques de aplitas son los últimos productos de la serie de rocas en el área y cortan todas las demás.

Desde un punto de vista geoquímico, los diversos tipos de rocas ígneas de esta área representan una *serie de rocas ígneas*, que es un término utilizado para denotar a una suite de rocas ígneas, que puedan ser plutónicas, hipoabisales o volcánicas, derivadas de un magma único, producidos por fraccionación bajo condiciones fisicoquímicas similares. Mineralógica y químicamente la de Almont es representativa de las tendencias alcalinas de rocas tholeiíticas originadas en reservorios donde la fO_2 permaneció bastante alta durante la diferenciación, que es una situación típica de la evolución magmática en zonas orogénicas (OSBORN, 1962).

Una revisión de los estudios isotópicos recientes nos da algunas evidencias sobre el origen de las rocas de la serie de Almont. Trabajos geocronológicos detallados llevados a cabo por WETHERILL y BICKFORD (1965), HEDGE *et al.* (1968), HANSEN & PETERMAN (1968), HEDGE (1970) y BERKER *et al.* (1969), han indicado que las rocas ígneas Precámbricas del centro de Colorado tienen una relación inicial de $87_{Sr}/86_{Sr}$ que varía entre 0,700 y 0,707 con edades de Rb-Sr que varían entre 1305 y 1410 m.a. Las relaciones iniciales son lo suficientemente bajas como para que con las hipótesis actualmente aceptadas, se puedan clasificar estas rocas como

Edad m.a.	Tipo de roca o evento
1000	+ Granitos del área de Cement Creek
1100	
1650	+ Tonalita biotítica
1700	+ Tonalita porfirítica + Gabro cuarífero Metamorfismo
1750	
	+ Metagabro
1800	+ Anfibolitas + Metasedimentos
1900	

Tabla 3. Edades postuladas de las rocas y eventos metamórficos del área de Almont

derivadas del manto. Más aún, un gráfico de las relaciones iniciales *vs.* las edades de las rocas da una línea recta que es evidencia de que una gran proporción de las rocas ígneas Precámbricas del centro de Colorado, se han derivado de una misma fuente magmática. Por consiguiente, las rocas del área de Almont se consideran que siguen la misma tendencia.

Con esta información se hicieron algunas interpretaciones, basándonos principalmente en algunas posibles correlaciones de eventos datados y compilados por HANSEN & PETERMAN (1968). Las posibles conclusiones son: 1) las anfibolitas pueden correlacionarse con un evento volcánico estudiado en las anfibolitas de las montañas Needle que ocurrió hace 1805 m.a. (BARKER *et al.*, 1969); 2) hay un evento metamórfico extensivamente estudiado entre 1750 y 1850 m.a. (HEDGE *et al.*, 1967; HANSEN y PETERMAN, 1968; SILVER y BARKER, 1967); 3) la tonalita biotítica es la misma granodiorita colectada por WETHERILL y BICKFORD (1965) de 1650 m.a. Estas conclusiones son consistentes con los datos de campo y químicos. La Tabla 8 nos da representación esquemática de la geocronología postulada para las rocas y eventos Precámbricos en el área de Almont. Ciertamente la intrusión de tonalita biotítica no representa la última intrusión en el Precámbrico en todas las partes de las montañas Elk del West Elk.

BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, L.T.; G.L. DAVIS; G.R. TILTON & G.W. WETHERILL (1956). "Radioactive ages of minerals from the Brown Derby Mine and the Quartz Creek Granite near Gunnison, Colorado". *J. Geophys. Res.*, 61, 215-232.
- ; G.W. WETHERILL & G.L. DAVIS. (1957). "Occurrence of 1350 million year old granitic rocks in the western United States". *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 68:655-656.
- BARKER, F.; Z.E. PETERMAN & R.A. HILDRETH (1969). "A Rb-Sr study of the Twilight Gneiss, West Needle Mountains, Colorado". *Beitr. Miner. Petrogr.*, 23:271-282.
- CHAYES, F. (1956). *Petrographic modal analysis*. New York, John Wiley & Sons.
- COATES, R.R. (1968). "Basaltic andesites". En H. HESS & A. POLDERVAART (ed.) *Basalts*, 2:689-736, New York, Wiley.
- CRAWFORD, R.D. (1913). "Geology and ore deposits of the Monarch and Tomichi Districts". *Colorado Geol. Surv. Bull.* 4.
- DINGS, M.F. & C.S. ROBINSON (1957). "Geology and ore deposits of the Garfield Quadrangle, Colorado". *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 289.
- EMMONS, S.F.; C. WHITMAN & G.H. ELDRIGE (1894). "Anthracite-Crested Butte Quadrangle". *U.S. Geol. Surv. Geol. Fol.* 9.
- ESCALONA, N. (1975). "Detalles prácticos para análisis modales". *Esc. Geol. Minas, UCV, Métodos de Laboratorio, Parte 2, Informe 75-2*: 79-81.
- GODDARD, E.N. (1936). "Geology and ore deposits of the Tinup Mining district, Gunnison Country, Colorado". *Sci. Soc. Proc.* 13:551-585.
- GOTTINI, V. (1970). "Serial character of the volcanic rocks of Pantalleria". *Bull. Vulcanologique*, 33:818-827.
- HANSEN, W.R. & Z.E. PETERMAN (1968). "Basement rock geochronology of the Black Canyon of the Gunnison, Colorado". *U.S. Geol. Surv. Paper* 600-C: C80-C90.
- HAYDEN, F.U. (1976). "Geology of the NW portion of the Elk Range". *U.S. Geol. Geogr. Surv. of the Territories, 8th Annual Rept.*, 59-71.
- HEDGE, C.E. (1970). "Whole-rock Rb-Sr age of the Pikes Peak Batholith, Colorado". *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 700-B: B66-B89.

- ; Z.E. PETERMAN & W.A. BRADDOCK (1967). "Age of the major Precambrian regional metamorphism in the From Range, Colorado". *Geol. Soc. Amer. Bull.* 78, 551-558.
- ; —; J.E. CASE & J.D. OBRADOVICH (1968). "Precambrian geochronology of the northwestern Uncompahgre Plateau, Utah and Colorado". *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 600-C: C91-C96.
- HUNTER, J.G. (1925). "Precambrian rocks of the Black Canyon of the Gunnison River". *U.S. Geol. Surv. Bull.* 777.
- HUTCHINSON, R.M. (1960). "Structure and petrology of the north end of Pikes Peak Batholith, Colorado". En WEIMER, R.J. & HAUN, J.D. (eds.) *Guide to the geology of Colorado, Geol. Soc. Amer., Rocky Mountain Assoc. of Geol., & Colorado Sci. Soc.*, P. 170-180.
- KUMMERT, P.; J. LAVREAU & J. MICHOT (1970). "Présentation diun programme de calcul automatique de normes et de paramètres a partir d'analyses chimiques (PCALO1-IBM7090)". *Ann. Soc. Geol. Belgique*, 93:81-86.
- KUNO, H. (1959). "Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas". *Bull. Vulcanologique, ser. 2*, 20:37-76.
- (1968). "Differentiation of basalt magmas". En HESS, H. & POLDERVAART, A. (eds.) *Basalts*, 2:623-688, Wiley, New York.
- LEE, W.T. (1912). "Coal field of Grand Mesa and the West Elk Mountains". *U.S. Geol. Surv. Bull.* 510.
- MACDONALD, G.A. & T. KATSURA (1964). "Chemical composition of Hawaiian lavas". *J. Petrol.*, 5:82-133.
- NAVARRO, E. y W.H. BLACKBURN (1974). "Investigations in the basement rocks of Gunnison Country Colorado: The Metasedimentary Rocks". *N. Jb. Miner. Abh.*, 122(3):246-267.
- MEHNERT, K.R. (1968). *Migmatites and the origin of granitic rocks*. Elsevier, New York, 394 p.
- OSBORN, E.F. (1962). "Reaction series subalkaline igneous rocks based on different oxygen pressure conditions". *Amer. Miner.*, 47:211-226.
- PETERSON, W.L. & G.R. SCOTT (1960). "Precambrian rocks and structure of the Platte Canyon and Kassler Quadrangle, Colorado". En R.S. WEIMER & J.D. HAUN (eds.) *Guide to the Geology of Colorado, Geol. Soc. Amer. Rocky Mountain Assoc. of Geol. & Colorado Sci. Soc.* p. 181-183.
- REICHEN, L.E. & J.J. FAHEY (1962). "An improved method for the determination of FeO in rocks and minerals including garnet". *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1144-B, 5 p.
- RITTMAN, A. (1970). "Note to the contribution of V. Gottini on the serial character of the volcanic rocks of Pantalleria". *Bull. Vulcanol.*, 33:979-981.

- SHAPIRO, L.A. & W.W. BRANNOCK (1962). "Rapid analysis of silicate, carbonate, and phosphate rocks". *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1144-A:1-56.
- SILVER, L.T. & F. BARKER (1967). "Geochronology of Precambrian rocks of the Needle Mountains, southwestern Colorado, I, U-Pb zircon results". (abs.) *Geol. Soc. Amer. 1967, Ann. Meeting, New Orleans*: 204.
- STAATZ, M.H. & A.F. TRITES (1952). "Pegmatites of the Crystal Mountain District, Larimer Country, Colorado". *U.S. Geol. Surv. Trace Element Invest. Rept.* 139.
- STRECKEISEN, A.L. (1967). "Classification and nomenclature of igneous rocks". *N. Jb. Miner. Abh.*, 107:144-240.
- THORNTON, C.P. & O.F. TUTTLE (1960). "Chemistry of igneous rocks: I, Differentiation Index". *Amer. J. Sci.*, 258:664-684.
- TURNER, F.J. & J. VERHOOGEN (1960). *Igneous and Metamorphic Petrology*. New York, McGraw-Hill.
- URBANI, F. (1971a). "Fortran IV program for the classification of igneous rocks according to Streckeisen". *The Compass, U.S.A.*, 48:130-131.
- (1975a). "Análisis modales en petrografía". *Esc. Geol. Minas, UCV, Métodos de Laboratorio, Parte I, Informe 75-1*: 1-17.
- (1975b). "Determinación de FeO por el método de Reichen y Fahey, 1962". *Ibid.*: 23-26.
- (1975c). "Determinación de volátiles". *Ibid.*: 27-29.
- (1975d). "STRECK: programa en fortran IV para la clasificación de rocas plutónicas". *Ibid.*: 37-51.
- (1975e). "Programas de computación para análisis químicos de rocas". *Esc. Geol. Minas, UCV, Métodos de Laboratorio, Parte II, Informe 75-2*: 1-31.
- (1975f). "Programa PCALO1 para cálculos de normas y demás parámetros petrológicos". *Ibid.*: 56-75.
- & W.H. BLACKBURN (1974). "Investigations in the Basement Rocks of Gunnison County Colorado: The Igneous Rocks". *N. Jb. Miner. Abh.*, 121(3):272-292.
- WAGER, L.R. (1960). "The major element variation of the layered series of the Skaergaard intrusion and an estimation of the average composition of the hidden layered series and of successive residual magmas". *J. Petrol.*, 1:364-398.
- WETHERILL, G.W. & M.E. BICKFORD (1965). "Primary and metamorphic Rb-Sr chronology in central Colorado". *J. Geophys. Res.*, 70:4669-4686.
- YODER, H.S. & C.E. TILLEY (1962). "Origin of basalt magma: an experimental study of natural and synthetic rock systems". *J. Petrol.*, 3:342-532.