

LAS ORTOANFIBOLITAS DE LA SIERRA DE MAZ
PROVINCIA DE LA RIOJA

POR JORGE O. KILMURRAY ¹

RESUMEN

Se han estudiado tres sectores de la Sierra de Maz, en los cuales se observan afloramientos de anfibolitas de estructuras y composición diferentes. Megascópicamente se han diferenciado tres tipos de rocas: macizas, lineadas y bandeadas o foliadas. Microscópicamente se establecieron tres texturas esenciales: nematoblástica, granoblástica y porfiroblástica. Desde el punto de vista composicional, se dividieron en dos categorías (1) rocas con hornblenda y plagioclasa como minerales esenciales y sin cuarzo y (2) rocas con hornblenda y plagioclasa como esenciales y biotita subordinada y con cuarzo. Se realizaron análisis químicos de muestras seleccionadas y fueron comparadas con anfibolitas estudiadas en otras regiones de metamorfismo especialmente aquellas relacionadas con las formaciones Moine y Lewisiano del norte de Escocia. Las rocas de la Sierra de Maz han sido clasificadas como metabasitas derivadas de rocas ígneas de naturaleza gábrica (diabasas). Se han diferenciado dos períodos de actividad magmática una Pre-F1 o primer fase de deformación y metamorfismo (facies de anfibolitas almandínicas) y otra Post-F1, Sin F2 a Post-F2 en parte, o fase post-migmatización. Esta última transformada durante el metamorfismo Post-F2 y en condiciones compatibles con la facies de Esquistos verdes. Se han observado intrusiones graníticas Post-F2 que formaron aureolas alrededor de los cuerpos. Como minerales índices se han distinguido: sillimanita en derivados pelíticos y clinopiroxeno en las rocas básicas estudiadas, próximas a los cuerpos graníticos.

ABSTRACT

The amphibolites from Sierra de Maz area, are metabasites interbedded with gneisses and micaschists. The rocks were deformed by folding and show three

¹ Cátedra de Petrología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

types of mesoscopic fabric: *a.*-linear, *b.*-massive and *c.*-planar. The first one is characterized by the uni-directional preferred orientation of amphibole prisms. The second type has a random arrangement of hornblende crystals and plagioclase grains. Finally, the planar type is formed by alternating foliae of hornblende and plagioclase. Chemical analyses were performed on selected samples and the results compared with well studied basites from Scotland. Two groups of mineral assemblages has been recognized in the rocks: (1). hornblende-plagioclase; hornblende-plagioclase-garnet-epidote, and (2). hornblende-plagioclase-biotite-garnet-quartz-epidote; hornblende-plagioclase-biotite-quartz-epidote.

The group *b* has been referred to a pre-F1 basic magmatism coeval with the deposition of sediments. The group *a* is thought to be derived from basic rocks intruded as sills during F2 movements and continued in a post-F2 episode of metamorphism. As far as the metamorphic facies are concerned, the rocks studied are placed within the amphibolite and greenschists facies. Local effects of contact metamorphism were found around granitic masses; the index mineral being sillimanite (fibrolite) in pelite derivatives and clinopyroxene in basic rocks.

I. INTRODUCCION

« Las rocas consideradas en este estudio forman parte del complejo metamórfico de la Sierra de Maz, al cual se le ha asignado una edad precámbrica según diversos autores. Las formaciones están principalmente integradas por rocas metasedimentarias, derivadas de pelitas, psammitas y rocas calcáreas. Las anfífolitas se hallan asociadas a los metasedimentos en forma de bandas concordantes con la esquistosidad general de la zona. Las primeras observaciones sobre estas metamorfitas se hallan en Hausen (1922), quien llama la atención sobre la intrusión de masas supuestamente ígneas y de naturaleza gábrica en esquistos y mármoles, en una fase anterior a la intrusión granítica del Famatina; este período es llamado por el mismo autor "pregranítico". De igual modo, pone en evidencia la presencia de cuerpos peridotíticos de yacencia sólo local. De estudios anteriores, Kilmurray (1968, 1969), se desprende que este sector, del denominado basamento cristalino de la Sierra de Umango y Sierra de Maz, se halla constituido principalmente por metasedimentos de composición diversa que han sufrido la acción de deformación (plegamientos) en dos episodios principales y dos etapas de metamorfismo regional dinamo-térmico compatible con las facies de esquistos verdes y anfífolitas almandínicas según Turner y Verhbogen (1960) y Winkler (1965). Se ha puesto de manifiesto que durante la primer fase de deformación y el metamorfismo que le sucedió, se produjo la intrusión de cuerpos básicos y ultrabásicos. En la misma fase tuvo lugar el comienzo de fenómenos de anatexis para dar lugar a la migmatización del complejo regionalmente meta-

morfoscado. Este fenómeno continuó afectando la formación metamórfica aún durante la segunda deformación como ha quedado demostrado por evidencias estructurales y mineralógicas observadas en el campo y laboratorio. Una vez que los efectos deformantes cesaron, se produjo la intrusión de cuerpos básicos, los que bajo condiciones de meta-

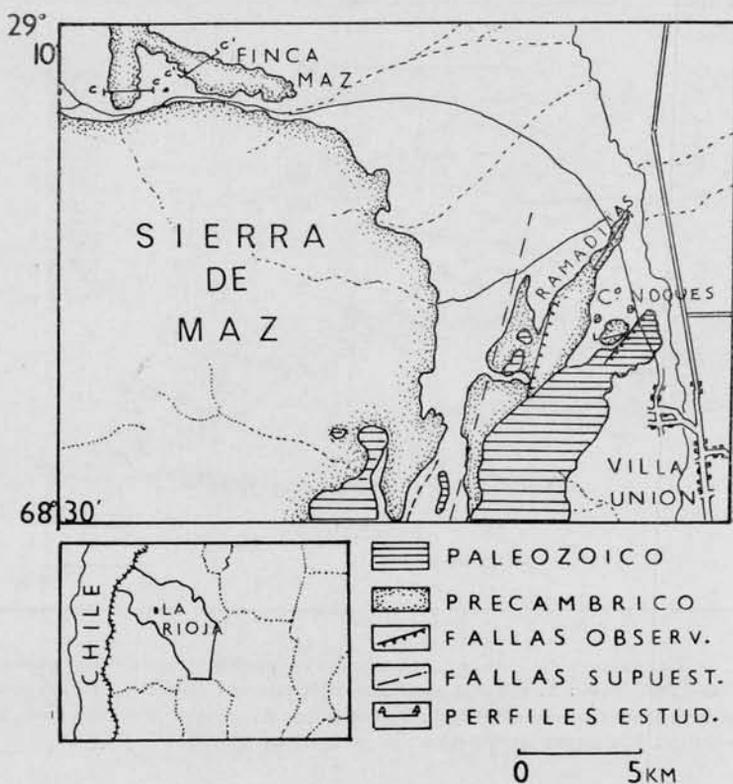


Fig. 1. — Mapa de ubicación de los sectores estudiados

morfismo regional estático, dieron lugar a la formación de las anfibolitas que a continuación trataremos.

Tenemos entonces dos grupos principales de anfibolitas según el esquema propuesto, uno Pre-F1 y otro Sin-F2 Post-F2, teniendo en cuenta que las primeras manifestaciones magmáticas pudieron haberse efectuado a manera de filones capa o como coladas en la cuenca sedimentaria. Estudios detallados sobre la composición química de las anfibolitas de Escocia, en las formaciones Moine y Lewisiano y su relación con las diabasas de la Formación Karroo de Africa, han permitido

demostrar la naturaleza eruptiva de las rocas anfibólicas. Se han puesto en evidencia además ciertos fenómenos de bandeamiento por segregación metamórfica según estudios de Bowes y Park 1966). Otros autores, como Evans y Leake (1960), establecieron comparaciones de rocas

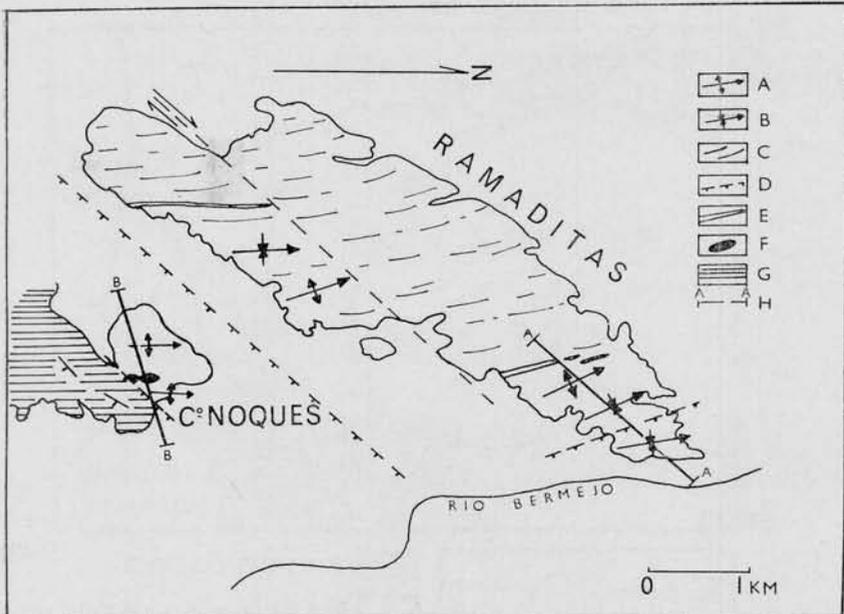


Fig. 2. — Ramaditas y C° Noques ubicación de los perfiles y caracteres estructurales de las formaciones: A, pliegues antiformes; B, pliegues siniformes; C, Alineaciones o trazas de planos de esquistosidad; D, fracturas; E, cuerpos graníticos en hojas concordantes; F, cuerpos ultrabásicos; G, serie sedimentaria.

anfibólicas con diabasas del Karroo en metamorfitas de Connemara, Irlanda. Más tarde, Leake (1964), realiza estudios detallados tendientes a distinguir orto de paraanfíbolitas en las metabasitas bandeadas de la misma región. En el presente trabajo, se han agregado las observaciones y datos de determinaciones realizados por el autor en las anfíbolitas de la Formación Moine en la isla de Mull, Escocia, Kilmurray (1965), las que muestran gran similitud con las rocas de Connemara.

II. ESTRUCTURA Y YACENCIA DE LAS ANFIBOLITAS DE MAZ

El estilo dominante en la región es el de plegamiento, aunque hay que destacar la presencia de fallas que atraviesan el complejo en dos direcciones predominantes NE-SO y N-S y de planos verticales a fuer-

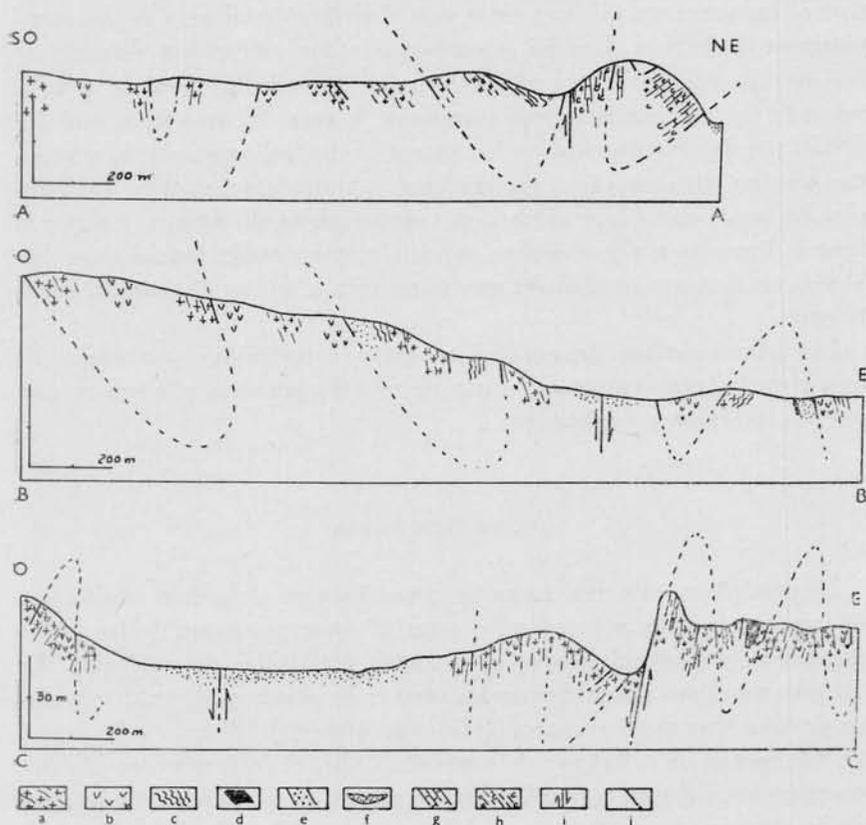


Fig. 3. — AA, Perfil Las Ramaditas; BB, Finca de Maz; CC, Cerro Noques. : a, migmatitas y gneises; b, anfibolitas; c, esquistos biotíticos-muscovíticos corrugados; d, cuerpos ultrabásicos (perknitas); e, cuarcitas; f, relleno moderno; g, marmol; h, gneises calcosilíceos; i, fallas; j, buzamiento de esquistosidad.

temente inclinados al oeste. Las estructuras plegadas mayores son pliegues antiformes y sinformes de 700 a 800 metros de amplitud con plano axial casi vertical o fuertemente inclinado al este o el oeste (fig. 3). Las estructuras menores son pliegues de pocos metros a centímetros, de longitud de onda y observan la misma orientación que los mayores y su mismo estilo.

Se distinguen tres tipos esenciales de anfibolitas en base a sus características estructurales: 1) las de aspecto macizo, se hallan al norte de la Sierra de Maz (perfil c-c); 2) las que presentan lineación, principalmente en el sector del Cerro Noques (perfil b-b) y 3) las que poseen estructura bandeada o foliada, que se encuentran en Las Ramaditas y norte de la Sierra de Maz en los perfiles a-a y c-c. Las del primer tipo se caracterizan por presentar una distribución al azar de los componentes de la roca. Las del segundo presentan estructuras direccionales que se ponen de manifiesto por la disposición paralela a subparalela de los elementos que componen la roca. El otro tipo, está definido por la distribución de los componentes en capas claras y oscuras que en algunos casos caracterizan a verdaderos gneises anfibólicos. En otros casos hay caracteres transicionales de formas macizas a formas lineadas a algo foliadas, especialmente cuando las rocas se disponen en la parte central de una estructura o en los flancos de algún pliegue.

Los afloramientos de anfibolitas están constituidos por capas de aproximadamente veinte a treinta metros de potencia y alternan con gneises, mármoles y migmatitas.

III. PETROGRAFIA

Megascópicamente son rocas verdosas oscuras de grano mediano y de aspecto macizo a bandeado; estas últimas presentan folias claras de cuarzo y plagioclasa que se alternan con folias de anfíboles. En algunas muestras obtenidas de las crestas de algunos pliegues menores se destaca una mayor concentración de material félsico en las zonas de liberación de esfuerzos deformantes. Allí, el feldespato se dispone en manchas difusas y venillas que se afinan y se pierden en la masa de la roca ya sea en forma paralela o subparalela a la foliación de la roca y foliación de la misma, a veces contorsionada.

En otros setores de la muestra se destacan bandas o folias lentiformes de minerales claros que alternan con los anfíboles. Finalmente, aunque en forma escasa hay variedades porfiroblásticas. Las mismas presentan estructura planar marcada y porfiroblastos de granate de uno a dos milímetros de diámetro que se hallan implantados en una matriz anfibólica. Microscópicamente, las rocas del grupo (1), presentan una textura y composición que las hace fácilmente diferenciables del resto de las muestras identificadas como (2) o (3). Texturalmente

se pueden establecer cuatro divisiones bien marcadas: 1) Granoblásticas; 2) Nematoblásticas; 3) Porfiroblásticas; 4) Lepidoblásticas.

Las primeras presentan claramente un aspecto granoso que en cierto modo se parece a la textura de las rocas ígneas; este tipo de rocas han sido denominadas epidoritas y metadoloritas por los autores de habla inglesa. Estas rocas muestran una disposición desordenada de sus elementos constitutivos esenciales y más aún se caracterizan por una serie de estructuras de reacción que indican un desequilibrio químico en el medio en el cual han sido colocadas. Las estructuras más notables son de dos tipos: *i*) anillos y *ii*) borde. Fenómenos del primer tipo se ilustran en la fotomicrografía (7) donde observamos un borde de alto relieve compuesto por cristales granulares de granate que se han desarrollado a lo largo del borde de unión anfíbol-plagioclasa. En otros sectores de la misma muestra se ha podido observar un cristal de anfíbol de tamaño menor totalmente rodeado por un anillo de granate. El epidoto, mineral muy frecuente en este tipo de rocas se presenta al igual que el granate en forma de anillos o bordes. En la figura 6 se ilustra un cristal de anfíbol rodeado por un anillo de epidoto, este anillo está formado por agregados granulares que hacia el borde exterior se desarrollan como cristales de hábito prismático y de formas cuedrales y subedrales. En otras muestras el epidoto se dispone en agregados de granos con inclusiones vermiculares de cuarzo formando un anillo denso alrededor del anfíbol que presenta una textura poikiloblástica (fotomicrografía 8). Las rocas del grupo (2) son homogéneas, con una neta disposición de sus individuos de anfíbol en forma de prismas alineados en una dirección preferencial, (fotomicrografía 2). En lo que a estructuras de reacción se refiere, se advierten fenómenos de reemplazo dado por restos de cristales de piroxeno que quedan como relictos dentro de los cristales de anfíboles y diseminados en la roca (fotomicrografía 5). Algunos cristales se hallan fracturados transversalmente a su longitud mayor y estas fracturas, más notables que en los anfíboles y que forman la casi totalidad de la roca, se encuentran rellenas por óxidos de hierro. Los del tipo (3) son variedades porfiroblásticas más escasas entre las anfíbolita estudiadas. Las mismas se caracterizan por presentar porfiroblastos de granate de formas cuedrales a algo redondeadas que se implanta en una matriz anfibólica y micácea, con plagioclasa y cuarzo. Caracteriza este grupo una textura francamente foliada, (fotomicrografía 1). Como carácter importante se destaca la presencia de inclusiones de minerales opacos y de cuarzo dentro de los porfiroblastos de granate, y que se orientan según una dirección

predominante. La disposición de la matriz con respecto al porfiroblasto es del tipo envolvente frente a la disposición de las láminas de biotita, no así con respecto a los cristales de hornblenda que interrumpen las líneas de esquistosidad.

Las de cuarta categoría (4), son rocas francamente foliadas y compuestas por bandas de anfíboles y cristales de granate, que interrumpen las líneas de orientación de los prismas o trazas de clivaje. Se observa biotita en escamas aisladas o incluidas en el anfíbol. Se destaca además la abundancia de cuarzo como mineral componente de las folias claras junto a plagioclasa. En otras muestras foliadas como en la N^o 4, se han distinguido pequeños pliegues apretados de plano axial concordante con la esquistosidad general de las rocas. Se han distinguido además, concentraciones de epidoto siguiendo dichos planos.

1. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LAS ANFIBOLITAS

La composición mineralógica de las rocas estudiadas nos permite establecer dos categorías de metamorfitas. Una de ellas caracterizada por la presencia del par: *anfíbol-plagioclasa* y acompañados por cantidades subordinadas de granate y epidoto. La otra categoría se distingue de la primera porque la *biotita* se halla en cantidades variables acompañando al anfíbol. Epidoto, clorita, minerales opacos y otros accesorios los acompañan en cantidades apreciables.

a) *Rocas con anfíbol y plagioclasa como minerales esenciales.* Se caracterizan por su estructura maciza o lineada.———. La hornblenda se dispone en cristales tabulares a granulares de variable tonalidad y pleocroísmo; en las macizas el color es verdoso oscuro en los cristales mayores. En los mismos se observan inclusiones aciculares de minerales de hierro, opacos o rojizas, que siguen las trazas de clivaje del mineral o formando un reticulado. Se destacan además fracturas que atraviesan los cristales en una dirección preferencial rellenas con minerales opacos. Alrededor de los cristales mayores de anfíbol se distinguen cristales menores de tonalidades verdosas más claras y libres de inclusiones. En otras rocas, se destacan texturas poikiloblásticas en los cristales mayores de hornblenda rodeados por cristales menores también de hornblenda. Las variedades que presentan epidoto, se caracterizan por disponerse en forma de anillo o borde de reacción, tal como fuera descrito anteriormente y en agregados dispersos. El anfíbol estudiado es del tipo *Hastingsita* en las muestras macizas. En la muestra

Nº 49 se ha observado una hornblenda con tonalidades castañas y de birrefringencia más alta que las que caracterizan a las otras rocas.

Las plagioclasas, se hallan en forma de cristales anedrales a tabulares subedrales, de aspecto fresco en algunas muestras macizas. Se caracterizan por presentar índices de refracción altos y maclas de Karlsbad, Karlsbad-Albita o Periclino. La composición de las mismas varía entre An55 y An70 es decir entre labradorita ácida y labradorita básica. Las muestras lineadas presentan algunas plagioclasas con alteración arcillosa y sericitica y su composición es An34 - An36, es decir Andesina. El granate, se dispone en forma de bordes de reacción alrededor del anfíbol o aisladamente en la plagioclasa. En otras muestras se halla rodeando minerales opacos en forma de anillos.

Epidoto. Es del tipo clinozoisita, generalmente incoloro a levemente verdoso a amarillento. Las formas son muy variables, desde prismáticas a granos redondeados o gránulos irregulares. Se los encuentra también en forma de cristallitos eudrales incluidos en plagioclasa. Cuando se halla en borde y anillos suele presentar estructuras de desmezcla caracterizada por la presencia de cuarzo en venillas o formas vermiculares que irradian desde el borde interno hacia la periferia.

Cuarzo. está ausente o se halla en cantidades muy subordinadas en las rocas de este grupo.

b) *Rocas con anfíbol y plagioclasa como minerales esenciales y biotita como mineral subordinado*. Son rocas estructurales caracterizadas por presentar una orientación planar de sus componentes. Pueden presentar además, foliación (bandeado). La *hornblenda*, que forma la porción más importante de las rocas, se halla en cristales tabulares dispuestos en folias que alternan con capas claras de plagioclasa y cuarzo, los anfíboles se hallan además orientados en las bandas en forma linear. La característica más importante en cuanto a la relación con los otros minerales que lo acompañan, es que generalmente engloba a biotita

Biotita. Se halla en cantidades variables y acompañando al anfíbol. Se presenta en láminas poco desarrolladas y orientadas en dos direcciones, en ciertas muestras se observan pequeños pliegues apretados de plano axial aparentemente concordante con la superficie S más conspicua de la roca.

Epidoto. Se halla presente en todas las rocas estudiadas, excepto en la 13; el mineral se dispone en gránulos agrupados siguiendo la esquistosidad dentro de las folias oscuras.

Granate. Se encuentra en porfiroblastos de formas cuedrales a subedrales y algo redondeados, como en la fotografía 1, o en granos redondeados y fracturados como en la N^o 4. Las primeras presentan estructuras internas como ya han sido descritas en el capítulo correspondiente. Las otras no presentan inclusiones alineadas pero engloban parcialmente cristales de biotita solamente, mientras que el anfíbol parece haber crecido sobre biotita y contra la superficie de granate.

Clorita. Se halla distribuida en forma irregular dentro de las rocas estudiadas, se presenta en forma de agregados fibrosos de color verdoso claro poco pleocroica y de baja birrefringencia. En las rocas con biotita, es común hallar pseudomorfosis de clorita según biotita de colores verdosos intensos y de birrefringencia anómala. Por sus caracteres ópticos se las ubica dentro de las especies proclorita y peninita.

Calcita. Se halla en agregados de cristales rellenando grietas o en manchas aisladas.

Cuarzo. Es uno de los principales constituyentes de las folias claras de las rocas de este grupo. Se halla en granos anedrales y se asocia plagioclasa.

TABLE 1
Composición de las plagioclasas y anfíboles

N ^o muestra	Tipo	Composición	Ley Macla	Plagiocl.	Anfíboles
9	M	An55	Karlsbad	Labrador.	Hasting.
11	M	An60-An70	Karlsbad- Manebach	Labrador.	Hasting.
14	M	An55-An58	Karlsbad	Labrador.	Hasting.
33	M	An48	Albita- Karlsbad	Andesina	Hasting.
53	M	An50	Albita	And.-Labr.	Pergasit.
13	B	An42	Ala	Andesina	Hasting.
17	B	An48	Ala-Albita	Andesina	Hasting.
20	B	An47	Ala	Andesina	Pergasit.
21	B	An35-	Albita	Andesina	Pergasit.
49	L	An34- An36	Albita- Karlsbad	Andesina	Hasting.
1	L	An35	Albita	Andesina	Hasting.

M: anfíbolitas macizas; B: bandeadas; L: lineadas.

TABLA 2
Composición mineralógica de las anfibolitas

Mineral	Número de muestras													
	9	11	11'	14	49	1	2	4	5	11	21	13	17	3
Hornblenda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Biotita	—	—	—	—	—	—	x	x	x	—	—	x	x	—
Granate	x	x	—	—	—	—	x	—	—	x	—	x	—	—
Epidoto	x	x	—	x	—	—	x	x	x	x	x	—	x	x
Clorita	—	—	—	x	—	—	x	x	x	x	x	x	x	x
Calcita	—	—	—	—	—	x	x	—	—	x	x	—	—	x
Plagioclasa :														
An55-70	x	x	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
An35-40	—	—	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cuarzo	—	—	—	—	—	—	x	x	x	x	x	x	x	x
Piroxeno	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Titanita	—	—	—	—	—	—	—	x	x	—	x	—	—	x
Apatita	—	—	—	—	—	—	x	x	x	x	x	x	x	x
Minerales opacos .	x	x	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Muscovita	—	—	—	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—

11' : bandas de anfibolitas más claras asociadas a 11.
 11'', 11', 14 : anfibolitas con estructura maciza.
 49, 1 : anfibolitas con estructura lineada.
 2, 4, 4, 11, 21 : anfibolitas con estructura foliada.
 13, 17, 3 : anfibolitas con estructura esquistosa.

TABLA 3
Tabla comparativa

Mineral	Número de muestras												
	3	34	71	19	19b	9525	26	27	28	20	30	31	32
Hornblenda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Biotita	x	x	—	x	—	x	—	—	—	x	—	x	x
Granate	x	x	x	x	x	—	—	—	—	—	—	—	—
Epidoto	—	—	x	—	—	—	x	x	x	x	x	x	x
Clorita	x	—	x	x	x	x	—	—	—	x	—	x	x
Calcita	—	—	—	x	x	x	—	—	—	x	—	—	—
Plagioclasa An20-40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cuarzo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	—	x	—	—
Opacos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Apatita	x	x	x	x	x	x	—	—	—	—	—	x	—
Titanita	x	x	x	x	x	—	—	—	—	x	x	x	—

19-34-3 : anfibolitas con estructura planar (Moine, Mull-Escocia).
 71-19b : anfibolitas con estructura maciza (Moine, Mull-Escocia).
 9525/32 : anfibolitas con estructura bandeada (Connemara-Irlanda)

Plagioclasa. Se encuentra en forma de cristales tabulares a anedrales con maclas de Albita y Albita-Ala. La composición varía entre An35 - An48, Andesina. Se encuentra en cristales de aspecto frescos o parcialmente alterados en productos arcillosos.

Minerales accesorios. Son abundantes dentro de este grupo de rocas. La *apatita* se halla en cristales redondeados y distribuidos en las folias oscuras o en cristales aislados en las capas claras. La *Titanita* se halla en cristales granulares distribuidos en forma irregular en las rocas estudiadas. *Minerales opacos*, se hallan en forma subordinada a los demás accesorios o son muy abundantes en algunas de las muestras analizadas. *Muscovita*, se halla en forma casi accidental dentro de las muestras, en forma de láminas diseminadas y muy aisladamente en una de las rocas.

IV. COMPOSICION QUIMICA DE LAS ANFIBOLITAS

En la tabla 4 se han volcado los resultados de los análisis químicos.

TABLA 4
A. Análisis químicos

Oxidos	53	33	11	1	2	13	49
SiO ₂	47,60	47,50	50,0	49,7	68,3	43,3	46,4
TiO ₂	0,40	0,55	0,70	0,7	0,0	3,5	1,6
Al ₂ O ₃	15,20	12,50	14,70	17,7	15,4	19,8	18,5
Fe total ..	10,00	8,30	9,00	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	2,70	0,90	2,10	0,6	1,4	3,1	0,1
FeO.....	6,60	6,60	6,20	7,1	3,7	11,0	10,3
MnO.....	0,16	0,18	0,17	0,3	0,2	0,5	0,3
MgO.....	9,50	14,60	9,60	8,5	1,6	4,8	7,3
CaO.....	13,00	12,00	12,30	12,2	4,7	9,3	9,5
Na ₂ O.....	2,18	2,08	2,30	1,8	3,9	2,5	4,2
K ₂ O.....	0,66	0,32	0,44	0,5	0,6	0,9	0,6
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,02	0,0	0,0	0,13	0,0
H ₂ O.....	0,32	0,36	0,34	0,1	0,1	0,2	0,2
CO ₂	0,28	0,24	0,36	0,5	0,5	0,7	0,7
Total...	99,31	98,64	99,93	99,7	100,4	99,9	99,9

Analista: Aníbal Figini, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.
53, 11, 33: anfíbolitas macizas, Finca de Maz y Ramaditas.

1, 49: anfíbolitas lineadas Cerro Noques.

2, 13: anfíbolitas bandeadas o foliadas, Finca de Maz.

TABLA 4 (Cont.)

B. Análisis químicos comparativos

Oxidos	71	19	19 b	3	34
SiO ₂	47,69	47,75	47,08	45,24	46,82
TiO ₂	2,57	2,69	3,16	4,62	2,79
Al ₂ O ₃	14,34	14,78	13,80	13,76	15,15
Fe ₂ O ₃	2,55	2,66	3,21	1,50	2,40
FeO.....	10,94	10,96	11,75	12,81	11,63
MnO.....	0,19	0,22	0,28	0,26	0,26
MgO.....	7,41	7,13	7,34	6,52	8,03
CaO.....	10,70	8,00	9,20	9,76	7,61
Na ₂ O.....	2,10	1,74	2,24	1,83	2,46
K ₂ O.....	0,18	2,26	0,43	0,85	1,40
P ₂ O ₅	0,18	0,27	0,28	0,58	0,28
H ₂ O.....	0,74	1,04	0,76	1,05	0,98
CO ₂	—	0,30	0,20	0,80	—
Total.....	99,69	99,80	99,73	99,58	99,86

B. Análisis químicos comparativos

Oxidos	35	36 G	36 K	9525	9526	9527	9528
SiO ₂	50,0	52,70	51,50	51,60	48,40	47,70	47,50
TiO ₂	0,91	0,18	2,00	0,90	0,86	0,94	1,60
Al ₂ O ₃	15,30	18,90	13,50	13,60	13,90	13,80	13,00
Fe ₂ O ₃	5,60	2,2	6,8	2,6	4,8	3,1	1,2
FeO.....	5,60	4,2	7,7	8,0	9,1	10,9	13,1
MnO.....	0,15	0,07	0,14	0,08	0,23	0,20	0,21
MgO.....	6,20	8,00	5,40	5,50	6,70	8,20	6,00
CaO.....	9,80	7,60	7,60	9,20	10,40	8,80	9,30
Na ₂ O.....	3,80	3,90	2,40	4,00	2,50	2,70	2,00
K ₂ O.....	0,96	1,10	0,42	0,44	0,44	0,36	0,56
P ₂ O ₅	0,19	0,01	0,16	0,05	0,03	0,04	0,10
H ₂ O.....	1,00	1,00	1,30	0,81	1,50	2,20	2,10
CO ₂	0,85	0,46	0,81	2,30	0,74	0,84	2,10
Total....	100,4	100,3	99,4	99,10	99,60	99,80	98,80

¹ Datos de Kilmurray (1965). Formación Moine, Mull-Escocia.

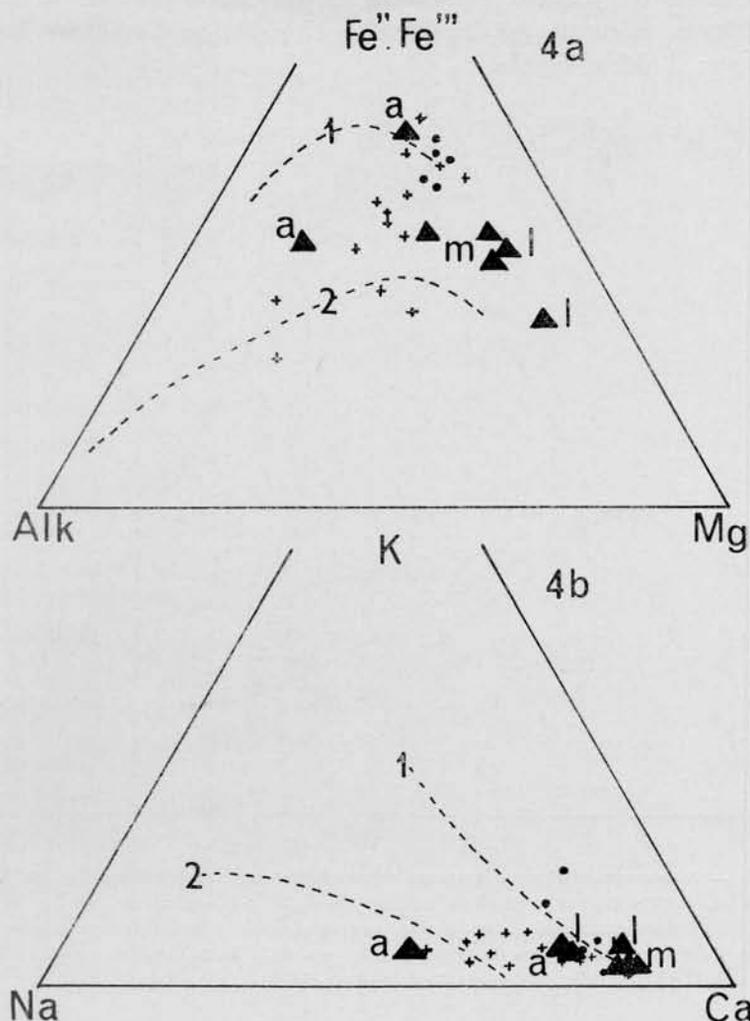
² Datos de Bowes y Park (1966). Formación Lewisiano, Ross-shire-Escocia.

cos de las rocas estudiadas y especialmente de aquellas que presentaban caracteres estructurales diferentes. Las rocas macizas son las ejemplificadas en las muestras 53, 11 y 33; las que presentaban caracteres lineares: 1 y 49 y finalmente las planares: 2 y 13. En las tablas B y C se han volcado los datos comparativos de análisis de anfibolitas estudiadas por el autor en la Serie de Moine en Escocia y datos obtenidos de Bowes y Park (1966) de las rocas pertenecientes a la formación Lewisiano del Noroeste de Escocia. Los trabajos realizados por estos autores han permitido establecer valores comparativos con rocas básicas de la Formación Karroo (Sudáfrica) y sugiere un origen ígneo para las anfibolitas de la región de Gran Bretaña, notándose además una serie de variaciones químicas que no corresponden a series de diferenciación magmática sino a fenómenos de segregación metamórfica que se traducen en la formación de un bandeado.

En las anfibolitas de la Sierra de Maz, los valores de SiO_2 presentan un nivel medio entre 7 y 49 % como en las muestras del Moine las muestras 2 y 11 en cambio, presentan valores por arriba del 50 %, notándose en la 2 un alto contenido en sílice con 68 %. El contenido en TiO_2 es significativamente mayor en las muestras 13 y 49, valores estos que se aproximan a los de la tabla B. Los otros, correspondientes a las muestras 53-11, 33, 1 y 3 se aproximan a los obtenidos por Bowes y Park (1966). El contenido en álcalis, hierro ferroso y férrico, y magnesio se han representado en un triángulo de composición (fig. 40), en la misma se destaca que las muestras representadas a la derecha del triángulo son las rocas seleccionadas como macizas y lineadas, mientras que las bandeadas (2 y 13) se apartan hacia el vértice $\text{Fe}'' \text{Fe}'''$ o hacia el vértice alk. En la figura 4 b se han representado las muestras en base a los valores Na, Ca y K; de las muestras analizadas la que presenta mayor apartamiento es la 2, las restantes (macizas y lineadas y una foliada) se agrupan en el sector inferior derecho del triángulo. Con fines comparativos hemos representado algunas rocas seleccionadas según datos de Bowes y Park (op. cit) en cruces en el diagrama y según Kilmurray (1965), en círculos en el dibujo. Las curvas 1 y 2 representan la tendencia de diferenciación de las diabasas del Karroo y el límite probable de composición de las rocas de origen ígneo.

Se han calculado los valores ACF para las rocas estudiadas e igualmente como en el caso anterior los mismos han sido comparados con las mismas rocas de referencia. Se corrigieron los minerales accesorios asignando todo el Fe^{2+} a la magnetita y restando una proporción

equimolecular al FeO. Todo el TiO_2 se asignó a ilmenita o titanita según la naturaleza de la roca, restando así una proporción equimolecular al CaO o FeO. Los valores obtenidos se han representado en



Figs. 4a-4b. — Diagrama triangular de composición $Fe^{II} + Fe^{III}$ -Alk-Mg (por ciento en peso) para las rocas analizadas de la Sierra de Maz en triángulos llenos: a, anfibolitas bandeadas; m, macizas y l, lineadas. Curva 1, tendencia de evolución de las rocas básicas de la formación Karroo; 2, curva límite de composición de las rocas magmáticas (probleable). Ed cifrelos anfibolitas de la formación Moine. En cruces, anfibolitas de la formación Lewisiano; 4b, Diagrama K-Na-Ca (% en peso). Símbolos de igual significado que en la anterior.

la figura 5. Los cuadrados llenos corresponden a las rocas de la Sierra de Maz, los triángulos a las rocas de la Serie Moine y los círculos llenos a las anfibolitas de la Formación Lewisiano. Las muestras de naturaleza maciza y lineal se agrupan en un campo próximo al de la hornblenda, mientras que las foliadas (2 y 13) se desplazan hacia el vértice A del triángulo.

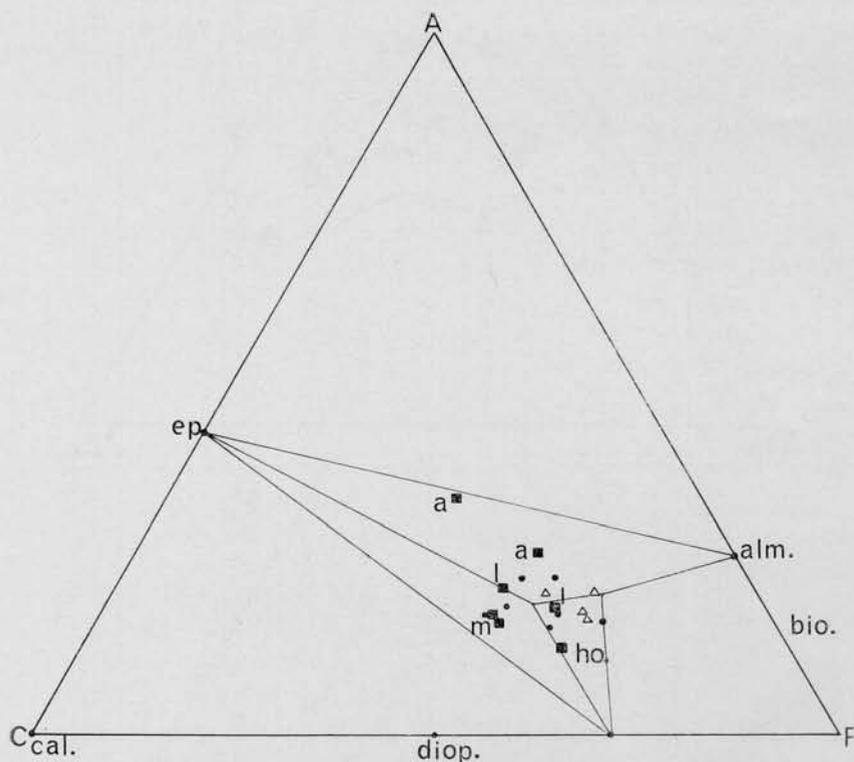


Fig. 5. — *Diagrama ACF* para las rocas estudiadas, en cuadrados llenos: *a*, anfibolitas bandeadas (2 y 13); *m*, anfibolitas macizas (53-11-33); *l*, anfibolitas lineadas (1 y 49). Se han representado además en círculos negros algunas muestras seleccionadas de la formación Lewisiano (datos de Bowes y Park-op. cit.). En triángulos, rocas de la formación Moine-Escócia, (datos según Kilmurray, 1965).

SIGNIFICADO DEL RANDEADO EN LAS ROCAS ESTUDIADAS

La separación del material félsico y máfico en forma de lentes y folias de espesor variable está íntimamente asociada al crecimiento de los minerales durante las fases del metamorfismo y el grado de deformación mecánica sufrida por las rocas. La formación de bandas difu-

sas poco desarrolladas pueden observarse en las rocas que se hallan en la parte del núcleo de alguna estructura o en los flancos; en este caso debe tenerse en cuenta que las rocas básicas fueron introducidas en el sistema en un período de deformación menos intenso que el que contribuyó a la formación de las estructuras planares de la fase. F1. Las rocas anfibólicas de la Fase F1 han sufrido la acción de dos deformaciones y metamorfismo y son por lo tanto aquellas que presentan un efecto de segregación metamórfica más marcado. El autor se inclina a pensar que las rocas bandeadas han variado su composición por las transformaciones intensas y repetidas y deben sin lugar a dudas separarse del grupo de rocas lineadas y macizas (algo bandeadas). Por otra parte, la presencia de minerales con líneas de inclusiones dentro de las rocas confirmaría la hipótesis de su formación anterior. Los estudios realizados por Bowes y Park en el Lewisiano de Escocia han contribuido al conocimiento de las formas bandeadas en rocas anfibólicas supuestamente derivadas de rocas básicas ígneas y atribuyen el bandeado a una segregación de minerales oscuros y claros producida por diferenciación metamórfica que daría como resultado el enriquecimiento en T., Fe, Mg, Ca, P en las partes oscuras y Si, Al, Na, K en las claras.

Las rocas estudiadas en la Sierra de Maz muestran una tendencia al enriquecimiento en álcalis en las rocas bandeadas y también un enriquecimiento en Fe (figs. 4 a y 4 b). De igual modo, representadas en un diagrama ACF las bandeadas muestran una tendencia hacia el vértice A del triángulo de referencia, demostrando su mayor enriquecimiento en la molécula de alúmina ya que A representa la cantidad de moles de alúmina menos la totalidad de soda y potasa.

V. DISCUSION PETROLOGICA

De las observaciones megascópicas realizadas en el campo y los estudios de laboratorio se advierte que existen dos grupos principales de anfibolitas que se hallan relacionadas con las fases de deformación y metamorfismo que se han diferenciado en estudios anteriores, Kilmurray (1968, 1969). Las rocas foliadas o anfibolitas bandeadas, presentan como característica más saliente una serie de asociaciones mineralógicas con un número alto de componentes minerales. Este fenómeno ya ha sido puesto en evidencia por el autor en estudios anteriores, Kilmurray (*op. cit.*) al tratar problemas de equilibrio en gneises escapolíticos. Estas rocas calcosilicáticas presentan un gran número de

minerales con evidentes signos de inestabilidad dados por la aparición de abundantes fenómenos de reacción en forma de coronas y bordes, y un elevado número de componentes minerales. En las rocas pelíticas estos fenómenos de inestabilidad se ponen de manifiesto por la presencia de estructuras de reacción en minerales indicadores del metamorfismo tales como cianita, estauroilita y granate. De estas consideraciones preliminares se desprende que el sistema que ha sido sometido a metamorfismo no ha alcanzado el equilibrio completo a través de los episodios de deformación. De las asociaciones estudiadas se comprueba que sólo las rocas fuertemente lineadas presentan una paragénesis estable: hornblenda-plagioclasa. Las muestras de naturaleza maciza en cambio y más aún las foliadas, muestran asociaciones incompatibles; la presencia de epidoto coexistiendo con plagioclasa básica es una de ellas, clorita coexistiendo con granate y biotita. La presencia de inclusiones alineadas en porfiroblastos rotados de granate indicaría sin lugar a dudas un episodio previo de metamorfismo. Además, la presencia de biotita asociada a hornblenda y mostrando un crecimiento anterior indicaría por lo menos que las condiciones de metamorfismo sintectónicas han sido apropiadas para la formación de biotita, mientras que la hornblenda respondería a un ciclo posterior. Para este tipo de anfibolitas se podría suponer que las mismas se habrían originado como intrusiones antes del episodio F2 ya que presentan fuerte orientación mineral y evidencias de metamorfismo retrógrado. Las rocas macizas representan intrusiones básicas en un período Post-F2 o post-migmatización. Las partes centrales o núcleos de las intrusiones han sido parcialmente afectadas por la deformación. En condiciones adecuadas, el piroxeno ha sido transformado en anfíbol, quedan escasísimos relictos y comienzan a producirse transformaciones de borde con la formación de epidoto y granate. Las anfíbolitas lineadas son diques de menor potencia que han sido totalmente afectados por la deformación F2 y han alcanzado el mayor estado de equilibrio, si bien existen además escasísimos relictos de piroxeno de la roca originaria.

De lo expuesto anteriormente se desprende que la actividad magmática básica se desarrolló en dos etapas. Una anterior a la migmatización y metamorfismo de la serie sedimentaria, quizá al estado de filones capas o coladas y la otra post-migmatización, o sean las epidioritas de los petrólogos ingleses. Algunos trabajos realizados en áreas similares, como los de Brown (1962), permitieron establecer tres actividades magmáticas básicas en las formaciones de Mbeya (Tanganyika) en Africa Oriental, fenómeno éste que se ha repetido en otras

zonas orogénicas de la corteza. El cuadro general de los movimientos relacionados con la actividad magmática y las evidencias petrográficas se podría esbozar de la siguiente manera:

Cuenca sedimentaria :

- Intrusión básica (filones capa) o coladas.

Fase 1 de deformación :

- Intrusión cuerpos ultrabásicos —.
Crecimiento de biotita Sin-F1.
Crecimiento de granate Post-F1, con estructura interna.
Migmatización.

Fase 2 de deformación :

- Intrusión de filones de rocas básicas —.
Crecimiento de hornblenda Sin-F2.
Crecimiento de hornblenda Post-F-2.
Crecimiento de granate y epidoto en anillos Post F2.
- Intrusión de cuerpos ácidos (granitos).
Formación de aureolas de contacto.
Crecimiento de sillimanita (fibrolita) y piroxeno.

Reacciones mineralógicas y facies a que corresponden. Para la formación de la biotita, que se halla asociada a hornblenda y teniendo en cuenta que su crecimiento es anterior al anfíbol, ya que éste lo engloba, tendríamos las siguientes reacciones:

- (1) *clorita + tremolita + epidoto + cuarzo \rightleftharpoons hornblenda.*
- (2) *muscovita + clorita Fe-Mg + cuarzo \rightleftharpoons biotita + clorita-Al*

Para la formación de granate y epidoto en las rocas macizas se cumplirían las reacciones:

- (3) *anortita + agua \rightleftharpoons clinozoicita + grosularita + silicato de aluminio + cuarzo.*

La reacción siguiente es válida para las transformaciones derivadas de plutonitas gábricas según:

- (4) *Anortita + diópsido + enstatita + agua \rightleftharpoons hornblenda.*

Sin embargo, de acuerdo a las evidencias petrográficas las transformaciones parciales parecerían indicar una reacción de pasaje por hidratación:

- (5) *piroxeno + agua \rightleftharpoons hornblenda + óxidos de hierro y titanio.*

La asociación estable en condiciones de facie de esquistos verdes sería: *hornblenda* + *plagioclasa* + *granate* + *epidoto*, característica de las rocas macizas, excepto la presencia de plagioclasa más básica (labradorita) que se hallaría en franco desequilibrio en el medio.

En las foliadas en cambio, se observan dos asociaciones:

- a) Hornblenda - cuarzo - andesina - granate - epidoto - (biotita - clorita - calcita).
- b) Hornblenda - cuarzo - andesina - epidoto.

Las asociaciones observadas en las distintas rocas analizadas en el capítulo anterior son:

Grupo A. — Macizas y lineadas :

- Hornblenda-plagioclasa (1) o (2).
- Hornblenda-plagioclasa (1)-granate-(epidoto-clorita).
- Hornblenda-plagioclasa (2)-piroxeno (3).

Grupo B. — Planares :

- Hornblenda-plagioclasa (2)-granate-epidoto-cuarzo-(calcita-clorita).
- Hornblenda-plagioclasa (2)-biotita-granate-epidoto-cuarzo-(clorita-calcita).
- Hornblenda-plagioclasa (2)-biotita-epidoto-cuarzo-clorita.

(1) *Labradorita* An 55-70.

(2) *Andesina* An 34-36.

(3) De yacencia sólo local dentro de la aureola de contacto de los cuerpos graníticos.

Según el criterio de facies metamórficas, las asociaciones corresponderían a las facies de *Anfibolitas almandínicas* y facies de *Esquistos verdes* y dentro de la Serie de Facies Barrovianas, dadas las características de las asociaciones pelíticas que acompañan las rocas básicas.

Fase de deformación	Facies de metamorfismo alcanzada en metabasitas en base a evidencias petrográficas.	Facies de metamorfismo alcanzada en metasedimentos en base a las evidencias petrográficas.
F1	Facies de anfibolitas almandínicas.	Facies de anfibolitas almandínicas.
F2	Facies de esquistos verdes.	Facies de esquistos verdes.
Post-F2	Facies de esquistos verdes. Facies de hornfels piroxénicos, localmente ¹ .	Facies de esquistos verdes. Facies de hornfels piroxénicos, localmente ² .

¹ Metamorfismo de contacto en áreas próximas a cuerpos graníticos mineral índice: *clinopiroxeno*.

² Metamorfismo de contacto en rocas pelíticas: *sillimanita* (fibrolita).

Wiseman (1934) establece tres zonas de metamorfismo o transformaciones en base a la aparición o desaparición de un determinado mineral índice. Dicha zonas observan concordancia con las clásicas zonas de metamorfismo regional progresivo de Barrow correspondiente a las rocas pelíticas. En la primera tenemos asociaciones con clorita, hornblenda, albita y epidoto que reemplazan a la augita y la labradorita. En la segunda aparece oligoclasa o andesina reemplazando a clorita, albita y epidoto, el granate sólo aparece localmente. En la tercera el epidoto desaparece y la augita reemplaza localmente a la hornblenda. Resumiendo, entonces, tenemos el siguiente cuadro comparativo entre las zonas en rocas básicas y las zonas en rocas pelíticas.

Zonas en rocas básicas	Zonas en rocas pelíticas
1. Clorita-actinolita/hornblenda-epidoto	(a) Clorita
	(b) Biotita
2. Andesina-oligoclasa-granate	(c) Granate
	(d) Estauroлита
3. Augita-hornblenda	(e) Cianita
	(f) Sillimanita

Las asociaciones mineralógicas estudiadas corresponderían a la zona 2 y una zona intermedia entre 2 y 3, ya que en ningún momento se halló piroxeno relacionado con el metamorfismo regional y por otro lado el mineral índice correspondiente a las paragénesis pelíticas ha sido identificado como cianita.

Fenómenos de contacto en las rocas regionalmente metamorfizadas.

La mayoría de las aureolas de contacto descritas en los trabajos especializados se refieren a transformaciones de rocas pelíticas, calcáreas y psamíticas. En cambio, el conocimiento de fenómenos de contacto en rocas básicas es en realidad muy limitado; Shido (1958) ¹ describió un aureola de contacto alrededor de un granito post-cinemático en el área de Abukuma Central, las metabasitas dentro de la aureola presentan asociaciones con plagioclasa media y actinolita u hornblenda, en la zona más interna hay hornblenda, plagioclasa y clinopiroxeno. Seki (1961) ¹ estudió fenómenos similares en las montañas de Kitanami, haciendo notar la presencia de andalusita dentro de los derivados de rocas pelíticas asociados a las metabasitas.

En las anfibolitas estudiadas en el presente trabajo se han hallado paragénesis con piroxeno en los afloramientos situados en un área muy próxima a los cuerpos graníticos. En las muestras analizadas se ha destacado la presencia de clinopiroxeno con una estructura poikiloblástica bien definida.

La distribución de este mineral, al azar dentro de la roca, y su estructura de tamiz indica un crecimiento posterior a hornblenda y en una etapa post-stress. Como dato adicional y de gran importancia para la paragénesis estudiadas se destaca la presencia de sillimanita (variedad fibrolita) en esquistos biotíticos corrugados en el perfil del Cerro Noques y en el de Ramaditas. De esta manera, tenemos dos minerales indicadores de grado y tipo de metamorfismo que corresponden a paragénesis pelítica y básica: sillimanita (fibrolita) y clinopiroxeno (serie diópsido-hedembergita). Se estima así, que las condiciones de emplazamiento de los cuerpos graníticos tardíos fueron en profundidad y con temperaturas y presiones compatibles con la facie de anfibolitas epidóticas de Eskola. De esta manera, se podría deducir que la temperatura de la roca de caja durante la intrusión fue de alrededor de 350 a 450° C y a una presión mayor de 4 kilobares ya que el mineral indicador hallado es hasta el momento *sillimanita* y no se han distinguido entre las paragénesis estudiadas ningún mineral indicador de baja presión (*corderita* o *andalusita*). En las condiciones expuestas, la aureola de contacto se desarrolló ampliamente frente al tamaño reducido de los cuerpos graníticos intrusivos.

¹ En Miyashiro, A. 1958. *Metamorphism of mafic rocks. The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*. Ed. por Hess y Poldervaart. Vol. 2.

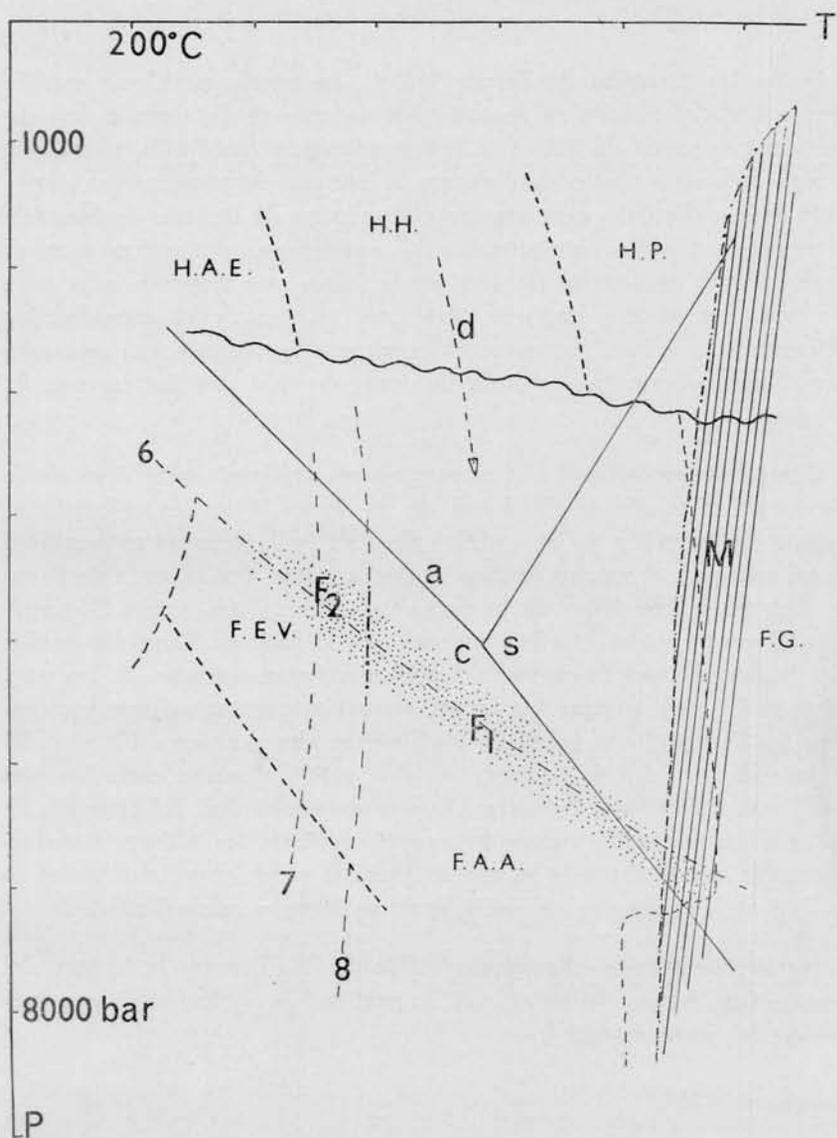


Fig. 6. — Diagrama P-T mostrando el campo de estabilidad de las asociaciones minerales durante las Fases F1 y F2 de deformación y metamorfismo. Se ha tomado como base el diagrama de Hietanen A. (1967): H.A.E. Facie de Hornfels Albitico-epidóticos; H.H., Facie de Hornfels Hornblendíferos; H.P., Facies de Hornfels Piroxénicos; FEV, Facies de Esquistos verdes; FAA, Facies de Anfibolitas almandínicas; F.G., Facies de Granulitas; M., Campo de la migmatización; 6, Curva del gradiente geotérmico para el metamorfismo tipo Barroviano; 7, Curva de estabilidad del Almandino; 8, Curva de estabilidad de la estaurolita; a-c y s, punto triple y campo de estabilidad de los silicatos de aluminio: andalusita, cianita y sillimanita; d, curva de estabilidad del diópsido. En punteado se ha representado el campo de variación de las condiciones de P y T durante F1 y F2.

Según las fórmulas de Jaeger (1959), se puede establecer que la temperatura alcanzada en la zona más interna de la aureola de contacto sería mayor de 700° C y a una distancia igual a la mitad del cuerpo intrusivo (aproximadamente 50 metros) la temperatura alcanzada sería suficiente para marcar el comienzo de la facie de hornfels piroxénicos y como consecuencia las condiciones necesarias para el desarrollo de minerales de alta temperatura con respecto a la roca de caja. Por último, hacia la parte más externa de las aureolas, las diferencias se hacen menos notables ya que la temperatura aportada por el cuerpo granítico y la de las rocas de caja es prácticamente la misma.

Campo de estabilidad del metamorfismo regional en el área de la Sierra de Maz. En el diagrama de la figura 8, se ha esbozado el campo de variación de las condiciones de P y T para las asociaciones estudiadas. En el mismo gráfico se puede notar que el metamorfismo se distribuye a lo largo de la curva tipo Barroviano, según Hietanen (1967) y está limitado a la izquierda por la facie de Esquistos verdes y a la derecha por la curva de fusión anatética o campo de las migmatitas. F1 es la primer fase de deformación y metamorfismo y se encuentra dentro de la facies de Anfibolitas almandínicas; F2 se halla dentro de la facies de Esquistos verdes, principalmente entre las curvas 7 y 8. Más allá de la curva 7 (curva de estabilidad del almandino) se nota un punteado menos denso que marcaría las últimas transformaciones por diaforesis en etapas Post-F2 y F3, cuyas evidencias se hallan mejor impresas en paragénesis pelíticas y calcosilicáticas.

Agradecimientos. — Agradezco al Dr. M. E. Teruggi la lectura del manuscrito. Al Sr. Aníbal Figini, la realización de los análisis químicos de las rocas estudiadas.

Agosto de 1969.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, P. E. 1962. *The tectonic and metamorphic history of the Precambrian rocks of the Mbeya Region, South-west Tanganyika.* — Quart. J. Geol. Soc. London, CXVIII, pp. 295-317.
- BOWES, D. R. and PARK, R. G. 1966. *Metamorphic segregation banding in the Loch Kerry basite sheet from the Lewisian of Gairloch, Ross-Shire, Scotland.* — J. of Petrol., 7, part 2, 306-30.
- DE ALBA, E. 1954. *Descripción geológica de la hoja 16 c, Villa Unión, Provincia de La Rioja.* — Bol. 82, Direc. Nac. Min. Bs. As.

- EVANS, B. W. and LEAKE, B. E. 1960. *The composition and origin of the striped amphibolites of Connemara, Ireland.* — J. of Petrol., 1, 337-63.
- HAUSEN, H. 1921. *On the lithology and geological structure of the Sierra de Umango Area.* — Acta Acad. Aboensis, Math. et Phys., 1-4.
- HESS, H. H. & POLDERVAART, A. 1968. *Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition.* — Vol. 1 y 2. Interscience Ed.
- LEAKE, B. E. 1961. *The chemical distinction between ortho and para-amphibolites.* — J. of Petrol., 5, pp. 238-254.
- KILMURRAY, J. O. 1965. *Polymetamorphism of the Moine Series in the Ross of Mull, Argyllshire, Scotland.* — Univ. Sheffield (en prensa).
- KILMURRAY, J. O. e IÑIGUEZ, A. M. 1968. *Los gneises escapolíticos de Las Ramaditas, Villa Unión-Poia, La Rioja.* — Rev. Museo La Plata, Geol., 52, 7.
- KILMURRAY, J. O. 1969. *Petrología de las rocas metamórficas del sector noreste de la Sierra de Maz-Prov. de La Rioja.* — IVas. Jorn. Geol. Arg., tomo 1, pp. 409-428.
- WALKER, F. and POLDERVAART, A. 1949. *Karoo dolerites of the Union of South Africa.* — Bull. Geol. Soc. Am., 60, 591-706.
- WINKLER, H. G. F. 1965. *Petrogenesis of metamorphic rocks.* — Springer Verlag.
- WISEMAN, J. D. D. 1934. *The Central and south west highlands epidiorites.* — Q. J. Geol. Soc., 90, 354-416.

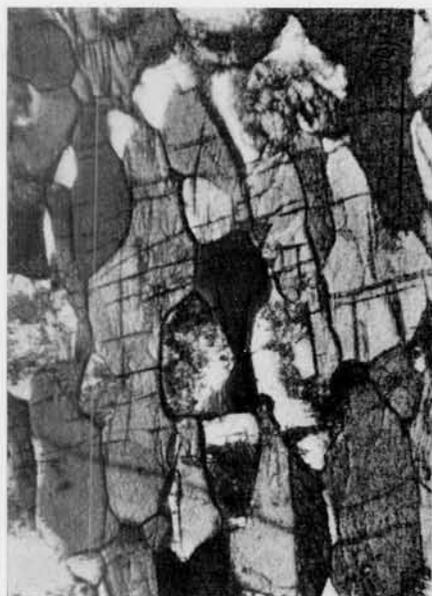
LAMINA I

Fotomicrografía 1. — Se ha representado un porfiroblasto de granate; el mismo presenta estructura interna, dada por la presencia de granos elongados de minerales opacos y cuarzo. La matriz se halla compuesta por hornblenda, plagioclasa, opacos, apatita, etc.

Fotomicrografía 2. — Muestra N° 49. Cerro Noques. La roca presenta textura nematoblástica marcada por los cristales de anfíboles orientados. Nótese las fracturas que atraviesan los cristales de anfíbol en una dirección preferencial.

Fotomicrografía 3. — Perfil Finca de Maz. Textura granoblástica. Nótese las inclusiones de minerales opacos en forma de agujas, rellenando grietas orientadas y en forma de «nubes» de opacos.

Fotomicrografía 4. — Muestra N° 2. Perfil Finca de Maz. Textura porfiroblástica, estructura foliada. Nótese los porfiroblastos de granate en la folias oscuras, fracturados. La parte clara de las folias arriba y abajo están formadas por cuarzo, en punteado se destacan plagioclasias.



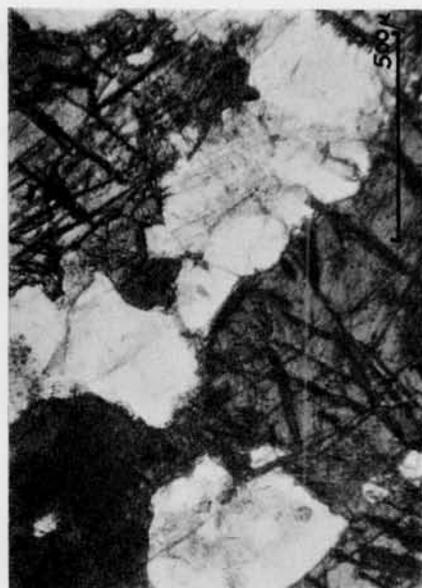
Fotomicrografia 2



Fotomicrografia 4



Fotomicrografia 1



Fotomicrografia 3

LAMINA II

Fotomicrografía 5. — Muestra N° 49. Cerro Noques. Relictos de piroxeno en anfíbol.

Fotomicrografía 6. — Muestra N° 9. Perfil Finca de Maz. Anillo de reacción de epidoto alrededor de hornblenda.

Fotomicrografía 7. — Muestra N° 9. Idem. Borde de reacción de granate en la unión plagioclasa-hornblenda.

Fotomicrografía 8. — Muestra 11. Finca de Maz. Textura poikiloblástica en hornblenda.



Fotomicrografía 6



Fotomicrografía 8



Fotomicrografía 5



Fotomicrografía 7