

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo XIII

Abril de 1958

Nº 2

SERPENTINITAS DEL RIO DE LAS TUNAS
CUCHILLA DE YALGUARAZ, MENDOZA

POR RAUL ALBERTO ZARDINI

Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

Se describen cuerpos serpentínicos pertenecientes a la faja expuesta en la Cordillera Frontal. Los mismos están alojados concordantes con las estructuras de las rocas de caja, en esquistos micaceos, anfibolitas, ambos granatíferos, calizas y cuarcitas. Un cuerpo de porfiro diorítico intruye a todo el complejo, y cuarzo de vena que no afecta a las serpentinas. Se describen tres variedades texturales de serpentina, según su relación con cristales de olivina. En una localidad hay clinopiroxeno, además clorita, magnetita y brucita, completan la mineralogía de las serpentinitas. Se describe un proceso de metamorfismo retrógrado, probablemente en conexión con la gran falla inversa que corre al pie de la cordillera frontal. Para la forma globosa de los cuerpos serpentínicos se acepta que ello se deba a estructuras previas o singenéticas con la intrusión; además la relación de calizas y cuerpos serpentínicos se explica suponiendo que aquellas favorecen el flujo plástico. Se concluye que la relación olivina-serpentina está regida por la relación líquido-olivina en el momento de la intrusión.

ABSTRACT

Serpentine bodies belonging to the southern end of a ultrabasic belt in the Cordillera Frontal and Precordillera are composed of antigorite with small crysotile veins, magnetite, brucite, and isolated crystals of olivine and clinopiroxene. The country rocks are micaceous and chloritic schists with garnet porphyroblasts, limestones, quartzites and amphibolites. The garnet metaocryst have been replaced by biotite, chlorite, quartz, due to retrogressive metamorphism probably in connexion with a regional dislocation. This complex has been intruded by a dioritic porphyry and quartz bodies, although the latter have not penetrated the serpentines. Previous structures or syngenetic are though to be responsible of the globe

shaped form of these bodies. Three textural varieties of serpentine are recognized. It is concluded that the relation olivine-serpentine depends by the liquid-olivine ratio during intrusion.

INTRODUCCION

Durante la breve estada del autor en el servicio geológico de la Dirección Nacional de Geología y Minería en los últimos meses del año 1953, tuvo oportunidad de interiorizarse del relevamiento sistemático que de la Alta Cordillera Mendocina realizaba el doctor Jorge Polanski, quien llamó su atención sobre la faja serpentínica por él mapeada, que se desarrollaba en la Cordillera Frontal (Hojas 24 b y 25a). En acuerdo con el entonces jefe de servicio, doctor Félix González Bonorino, se proyectó el estudio de la mencionada faja, estudio que consistiría en el relevamiento en detalle de algunos cuerpos, que sería la base para el de tipo regional. La primera etapa se cumplió y representó un trabajo que fue considerado como tesis del autor en el Museo de La Plata en diciembre de 1955. Posteriormente se redactó nuevamente y se adaptó a su publicación.

El autor agradece al doctor Félix González Bonorino por su asistencia durante el trabajo de campo y de laboratorio; además por los comentarios críticos y corrección de este trabajo; al doctor Jorge Polanski, quien posibilitó una segunda visita a la zona de estudio durante el año 1955; al doctor Mario E. Teruggi por la corrección del trabajo de tesis presentado en 1955; y a mis compañeros, doctores Bernabé J. Quartino, Roberto J. Poljak y Arturo J. Amos por sus sugerencias durante la elaboración del trabajo.

RESUMEN DE LA GEOLOGIA REGIONAL

Las serpentinitas están alojadas en metamorfitas de la Cordillera Frontal. Esta cadena en el tramo mendocino está compuesta por varios cordones, constituyendo una unidad geográfica más que geológica. En el río de las Tunas se encuentra la soldadura entre dos cordones, el del Plata hacia el Norte y el del Portillo hacia el Sur, unidos por el cordón Santa Clara. El primero está constituido por micacitas, calizas cristalinas y cuerpos ultrabásicos, de edad precámbrica; y por lutitas negras, areniscas, cuarcitas oscuras y conglomerados, atribuidas al Carbonífero. El cordón del Portillo consiste en un gran plutón granitoide con *roofs pendants* carboníferos. Acompaña a todo el conjunto una gran variedad de vulcanitas (Polanski, 1953-1954; 1957).

La faja de cuerpos ultrabásicos continúa hacia el norte en las hojas Mendoza (Aparicio y otros, 1956) y Ramblón (Harrington, 1954) dentro de la precordillera de Mendoza y San Juan.

El área estudiada se encuentra en la margen derecha de la desembocadura del río de Las Tunas, frente al refugio militar Coronel de la Plaza, y comprende los primeros espolones que representan un pequeño zócalo cristalino (*rock pediment*) (fig. 1). Las rocas constituyentes son metamorfitas, serpentinitas y un cuerpo hipabisal mesosilíceo que intruye a todo el complejo, y cuerpos de cuarzo de vena.

EL COMPLEJO METAMORFICO DEL RIO DE LAS TUNAS

Este complejo consiste en esquistos, calizas, cuarcitas y anfibolitas. En general la asociación mineralógica de los esquistos es cuarzo-muscovita-biotita-clorita-granate. Existen variaciones, algunas de las cuales son: cuarzo-granate-actinolita; cuarzo-granate-apatita y clorita-anfibol.

El cuarzo se presenta ya como cuarzo del esquisto, ya como cuarzo inyectado. El primero muestra todas las características del cuarzo que ha seguido la evolución del esquisto, como ser recristalización, impurezas, contactos interpenetrados y orientación óptica. El segundo es un cuarzo límpido, forma ojos, no presenta ninguna característica de deformación en su estructura íntima, y frecuentemente está acompañado por un cristal de pirita.

Las micas están ampliamente distribuidas, notándose pasajes entre ellas, así como también una intensa decoloración de la biotita. Ellas forman los corrugamientos que presentan los esquistos, los cuales han formado un curioso sistema romboidal (fig. 2).

La clorita, ya forma láminas dentro de los esquistos o constituye la masa de los esquistos cloríticos. La actinolita se presenta como pequeñas pajuclas a veces convertidas en talco o como masas fibrosas de largos cristales (fig. 3), sus propiedades ópticas son las siguientes: Pleocroísmo X: verde amarillo muy pálido; Y: verde amarillento y Z: verde pálido; Z: $c 12^\circ$ y $2V (-) 81^\circ$.

El granate almandino se encuentra dentro de los esquistos o en las masas anfibólicas; presentándose como granos perfectamente constituidos o en pequeños remanentes en agregados de contornos policátricos constituidos por clorita, biotita, magnetita y cuarzo.

Las anfibolitas forman cuerpos lenticulares de colores verdes obs-

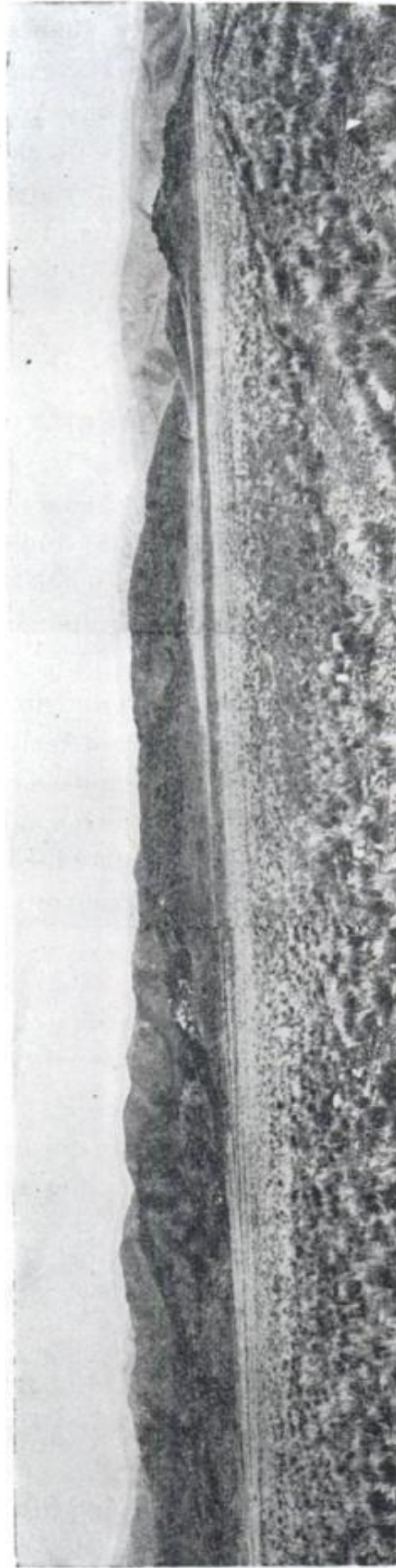


Fig. 1.— Fotografía mostrando una vista frontal del área relevada. La parte de la derecha, fué levantada en el detalle.
Fotografía: J. Polanski.

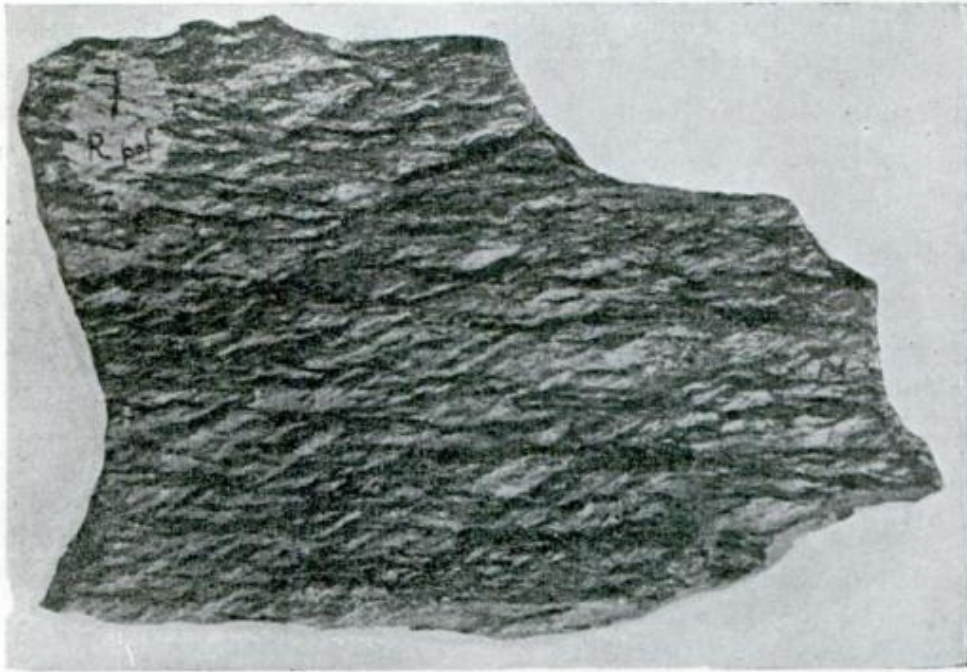


Fig. 2.—Fotografía del esquisto micáceo, mostrando la disposición romboidal de los dos sistemas de corrugamientos. Fotografía Sr. A. Ferreyra, Museo de La Plata.



Fig. 3.—Fotografía de una masa de cristales de actinolita formando como una "cabellera". Fotografía Sr. A. Ferreyra, Museo de La Plata.

curos y textura variable entre granulares a esquistosas. Al microscopio se presentan como un agregado de actinolita albita, clorita, granate, epidoto y calcita. La actinolita en perfectos cristales idiomorfos presenta las siguientes características ópticas: X: amarillento verdoso pálido; Y: amarillento verdoso; Z: verde pálido; Z: $c 9^\circ$ y $2V (-) = 80^\circ$.

La albita forma en algunos casos blastocristales que muestran los efectos deformativos, maclas borrosas, flexionadas, o una alteración sericitica tan intensa que sólo ha dejado pequeños remanentes del cristal original.

El epidoto, clinozoisita está muy distribuido y suele formar núcleos en una base cuarzosa.

El granate aparece también como remanente en un agregado de laminillas de biotita y clorita mostrando esta última aún restos del pleocroísmo de aquélla. Se puede ver una faja de pasaje entre granate y productos de alteración, notándose en las grietas la presencia de clorita.

Las calizas forman numerosos bancos en el lado norte del área estudiada. Son generalmente irregulares, engrosados en el centro y acunados en los costados, y poseen color y grano variable. La presencia de anfíbol les confiere esquistosidad. La textura es cristaloblastica, y el anfíbol es actinolita. En algunas zonas están teñidas por carbonatos de cobre (malaquita y azurita). Las cuarcitas en bancos delgados, son rocas claras, amarillentas, moteadas, con concentraciones irregulares de biotita y clorita.

En cuanto al rumbo de todas estas rocas, están regionalmente en el cuadrante NE, y las variaciones de este rumbo se producen cuando se ponen en contacto con los cuerpos serpentínicos. Las inclinaciones son siempre de valores muy altos, cercanos a la vertical o verticales.

SERPENTINITAS

Las serpentinitas del río de Las Tunas se presentan como cuerpos alargados, lenticulares, globosos, concordantes con las rocas de caja. Cuando adquieren estas dos últimas formas es muy notable el ajuste de las rocas de caja a ellos, ajuste consistente en el doblaje de los esquistos. De cualquier manera siempre las líneas estructurales que limitan a estos cuerpos son líneas suaves, elípticas, redondeadas, nunca interiorizan los cuerpos, y los cambios de rumbo de los esquistos no

son debidos a rupturas entre ellos. Sin embargo hay dos excepciones en nuestro mapa, una dada por los paquetes de esquistos que quedaron entre dos apófisis del cuerpo intrusivo mesosilícico, y la segunda una pequeña estructura de rumbos encontrados, como algo local, que posiblemente sea previa a la intrusión de las serpentinitas.

En el mapa geológico que acompaña a este trabajo pueden distinguirse dos zonas, separadas por una faja de sedimentos cuaternarios; en la zona norte los cuerpos serpentínicos son lentes delgados, filónicos, alojados generalmente entre bancos de caliza. En la zona sur hay un cuerpo principal, globoso, con las estructuras de la roca de caja concordantes. En este cuerpo penetra una apófisis del pórfiro diorítico. Hacia el oeste aparece nuevamente un filón serpentínico que desaparece bajo los sedimentos cuaternarios.

Si bien complejas y heterogéneas, todas las serpentinitas en los afloramientos están representadas por un tipo común de roca, masiva, de colores oscuros, superficialmente violáceos, amarillentos y con tonalidades rojizas en los espejos de fricción, en los cuales se han desarrollado dos sistemas de estrías perpendiculares.

El estudio microscópico revela un agregado antigorítico con clorita, y pequeños cristales, restos de individuos mayores de olivina. Acompaña invariablemente magnetita, y en una localidad augita.

El piroxeno augita es fresco y agrupado en venillas, que a su vez están atravesadas por diminutas fracturas rellenas con antigorita. Las propiedades ópticas son las siguientes: $2V(+)$ 56° ; $Z: c$ $43-45^\circ$. La olivina, que se presenta como restos de cristales mayores es fresca rodeada por una base serpentínica o serpentínica-clorítica; en algunos cristales, pero que no es el común, se nota la alteración serpentina siguiendo las fracturas del cristal; sus propiedades ópticas son: $2V(+)$ 84° ; $Fa = 24\%$. La magnetita aparece en concentraciones grandes o como un fino polvo diseminado.

Tomando como base los restos de olivina que extinguen en forma simultánea, el grano de la roca no pasa en general de 1 mm hasta diminutos cristales.

En cuanto a la serpentina, ella suele aparecer como serpentina fibrosa (¿antigorita?) o laminar; estas dos variedades están relacionadas con restos de olivina, y una tercera que sería serpentina "moteada" (antigorita), aparentemente sin relación con olivina; además escaso crisotilo en venillas.

Desde este punto de vista podemos distinguir algunas variedades texturales; una de ellas sería la formada por cristales de olivina

fresca en una base serpentínica-clorítica fibrosa, con pequeños núcleos de serpentina moteada; la base serpentínica-clorítica es una mezcla de fibrillas de serpentina y de clorita, reconocible esta última por su mayor birrefringencia y por su color azul profundo de interferencia; cuando estas fibrillas cloríticas se agrupan y forman núcleos mayores adquiere un carácter casi isotropo.

Otra variedad es la constituida por serpentina laminar, que se encuentra típicamente como reemplazando a los cristales de olivina, ya que éstos suelen encontrarse en el centro de núcleos de lineamien-



Fig. 4.— Microfotografía de serpentina donde se distinguen en el centro y derecha la estructura moteada y a la izquierda estructura laminar. X 125. Fotografía Sr. A. Ferreyra., Museo de La Plata.

tos poligonales, rellenos con láminas de antigorita. Estas láminas tienen una estructura esferulítica; acompaña invariablemente a este tipo, magnetita en polvo finamente diseminado, estando frecuentemente restringida al centro de estos núcleos, quedando en los bordes antigorita límpida.

Por último una tercera variedad correspondería a antigorita “moteada” (fig. 4), es decir, una serpentina de grano muy fino, que tendría el aspecto de una malla de trama fina; generalmente no está

asociada con olivina ni con magnetita. Todo el conjunto y variedad se halla siempre acompañado por finos cristales fibrosos de tremolita, por áreas de talco y carbonato, el que forma venillas o salpicaduras dentro de la masa serpentinosas.

En cuanto a la brucita, ella se presenta en una localidad, la roca que la contiene es clara grisácea con áreas amarillentas e intensamente carbonatadas. En sección delgada se muestra una asociación mineralógica consistente en: nódulos inmersos en una masa serpentínica y en cuyo interior se halla un agregado de serpentina y clorita bordeados por magnetita en polvo; además clinopiroxeno, y actinolita. La brucita se presenta en tablillas idiomórficas de hábito micáceo y en láminas irregulares de hábito intersticial, siempre acompañada por granos de epidoto.

Áreas de talco, que han permitido un laboreo minero, se hallan distribuidas irregularmente dentro de los cuerpos. Estas áreas se asocian a zonas de sisa y la transformación de serpentina en talco es considerado un proceso posterior e hidrotermal.

CUERPO INTRUSIVO MESOSILICICO

El componente más joven del complejo es un pórfiro diorítico que muestra las características de una roca filónica; su forma es de diques unidos por unos abultamientos en sus extremos. Existen variaciones de color, grano y textura, llegando a una diorita; en general son grises, resaltando, cuando es pórfiro, el blanco de los fenocristales de plagioclasa que alcanzan a tener 2 a 3 mm de largo por 1 mm de ancho. Los manchones más oscuros obedecen a la concentración de mafitos. En general no presenta grandes signos de alteración. Al microscopio se resuelve en plagioclasa, cuarzo, hornblenda verde, biotita y accesorios, formando una textura porfírica con pasta microgranulada. La plagioclasa forma cristales euedrales de contornos cristalinos nítidos, su tamaño es variable, alcanzando un promedio de 2 mm. Las maclas son de albita, albita-carlsbad y periclino, y maclas complejas mal desarrolladas. Su composición puede determinarse como andesina media. La estructura zonal es muy frecuente y se presenta aún en los cristales de la pasta, tiene un carácter oscilatorio. Presentan una alteración sericítica y un producto de naturaleza arcillosa, que cuando ha sido profunda sólo queda el contorno cristalino y algún resto de plagioclasa.

La biotita es muy reducida por su cantidad, en comparación con la hornblenda verde. La primera es un poco decolorida y la acompaña como producto de alteración, laminillas de clorita y granos de epidoto, los que se forman entre el clivaje, separando las laminillas.

La hornblenda verde se presenta alterada en clorita y titanita.

El cuarzo es límpido en granos angulosos con inclusiones fluídas; en el pórfiro la pasta microgranuda está formada por cuarzo y feldespato y fibrillas de hornblenda. Se destacan además unos agregados irregulares con tablillas de plagioclasa inmersos en una pasta tipo granófiro.

De los accesorios, está presente la magnetita en cristales idiomorfos o en agregados granulares, y apatita en prismas aislados.

Aflora además gran cantidad de cuarzo silicotermal que adquiere dimensiones mapeables, no observándose en ningún caso que afecten a los cuerpos serpentínicos, planteando un interrogante en su relación con éstos a que haremos referencia más adelante.

Análisis de serpentinitas cuyos resultados se comparan con los dados por Haapala (1936, p. 52)

	Muestra		
	N° 20 ¹	N° 39 ¹	Haapala p. 52
SiO ₂	40.24	37.26	37.44
Al ₂ O ₃	3.94	2.96	0.53
OCa.....	2.96	4.20	0.12
OMg.....	35.38	34.87	43.70
Fe ₂ O ₃	5.77	5.50	4.71
FeO.....	0.54	2.82	2.97
Pérdida al rojo.....	10.12	10.36	—
Humedad 110°C.....	1.20	1.32	—
Alcalis Na-K.....	n. r.	0.61	0.55
H ₂ O.....	—	—	7.86
—H ₂ O.....	—	—	0.50
OMn.....	—	—	—
S.....	—	—	1.47
Cr ₂ O ₃	—	—	0.18
NiO.....	—	—	0.28

¹ Analista Sra. Natalia Kotelnikov. Dirección Nacional de Geología y Minería.

Diagrama de rayos X de Antigorita ¹ que se compara con el dado por Selfridge (1936, p. 469)

Antigorita ² d (obs.) (k.x.)	I (est.)	Selfridge Antigorita	
		d A	Est. I
7.365	f-ff	7.355	8 $\frac{1}{2}$
4.596	md	4.658	4
4.021	dd	3.641	9
3.659	f-ff	2.558	10
2.972	dd	2.186	7
2.516	mf	1.845	3
2.486	m	1.794	4
2.154	d	1.583	7 $\frac{1}{2}$
1.876	dd	1.553	7 $\frac{1}{2}$
1.601	d	1.326	6
1.558	dd	1.273	4
1.535	mf	1.160	2
1.504	m	1.061	3 $\frac{1}{2}$
1.478	d	1.005	4
1.437	d	979	3
1.414	dd	897	3 $\frac{1}{2}$
1.305	dd	857	1
1.276	d	831	2
1.150	d	778	3
1.137	d	743	3
1.044	d		

Referencias: ff = muy fuerte; f = fuerte; mf = medio fuerte; m = mediano; d = débil; dd = muy débil; df = difusa.

EL PROBLEMA DE LA SERPENTINA Y DISCUSION DE NUESTRO TRABAJO

Turner y Verhoogen en su discusión sobre las asociaciones plutónicas básicas y ultrabásicas hace una triple división de estas rocas en: 1º Gabbros, Peridotitas y rocas de lopolitos y mantos; 2º Peridotitas y Serpentinatas, y 3º Anortositas y rocas asociadas. Todo lo que sigue de nuestra discusión se refiere al segundo grupo, cuyas características

¹ Realizado por el doctor Roberto J. Poljak.

² Método de Hull-Debye.

generales de acuerdo a los autores que se ocuparon de este problema son:

1. Los cuerpos intrusivos son concordantes con la roca de caja.
2. Los cuerpos se intruyen en rocas de ambiente geosinclinal y de gran movilidad tectónica.
3. La facies metamórfica alcanzada por las rocas de caja cuando sobreviene la intrusión corresponde a la de esquistos verdes-albita-epidoto-anfibol y anfibolita.
4. Ausencia de intrusiones ácidas de la misma edad.
5. Distribución en todas las épocas geológicas.
6. No provocan metamorfismo de contacto.
7. Homogeneidad de facies petrográficas dentro del mismo cuerpo.
8. Las serpentinitas son rocas, en cierto sentido, monominerálicas, formadas por serpentina y opacos.
9. Generalmente están asociadas con peridotitas, o alguna roca ultrabásica.
10. Sólo se han reconocido dos variedades de mineral serpentínico, es decir, antigorita (laminar) y crisotilo (en tubos).

La antigorita tiene más hierro en su composición. La serpentina está compuesta por tres óxidos: SiO_2 — MgO — H_2O , los cuales forman el silicato $\text{SiO}_2\text{Mg}_7\text{H}_2\text{O}$.

La clásica teoría de la diferenciación de las rocas ígneas por cristalización fraccionada de un magma basáltico incluyó también a las peridotitas, con las cuales están íntimamente ligadas las serpentinitas, y que se suponen como producto de alteración de las primeras. Uno de los problemas que en sí mismas llevan estas rocas consiste en la transformación de olivina a serpentina, y otro si ellas son representantes de la diferenciación de un magma gabbroide o de la capa peridotítica.

La olivina es un mineral anhidro, compuesto estructuralmente por grupos de tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{4-}$, individuales, que tiene que pasar a serpentina hidratada, con estructura laminar de grupos de tetraedros con $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$, proceso que de acuerdo a los resultados experimentales (Bowen y Tuttle, 1949, p. 452) sólo podría ocurrir a una temperatura de 400°C o menos. De las varias reacciones propuestas para



50

61

72

83

94

105

116

127

138

149

160

171

182

193

204

215

226

237

248

259

270

281

292

303

314

325

336

347

358

369

380

391

402

413

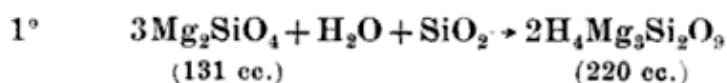
424

435

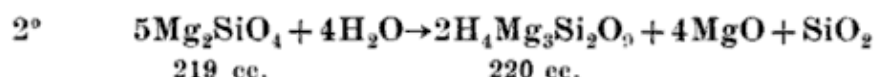
446

explicar la hidratación y el contenido mayor de SiO_2 de la serpentina, ninguna es totalmente satisfactoria.

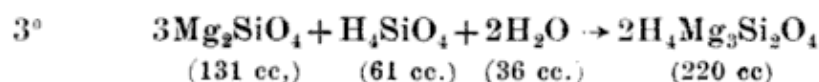
Por ejemplo:



Esta reacción supone, por la adición de agua y sílice a una masa olivínica, un incremento del 70 % del volumen, hinchazón ésta que los autores consideran de excesiva magnitud para los hechos observados en el campo.



Esta otra obvia el problema del aumento del volumen, pero supone una remoción de sílice y magnesio, la que debería provocar un metamorfismo magnésico en la roca de caja, hecho tampoco observado en general en el campo.



Esta última sería la solución, ya que no supone un aumento de volumen ni una remoción de magnesio. En las dos primeras se trata de olivina ya formada o una fusión de ella que se intruye y luego sometida a la acción del agua y sílice, o del agua solamente; en cambio en la tercera la sílice y el agua formarían parte del magma "serpentínico"; pero, se contradice con los datos experimentales mencionados según los cuales la serpentina no sería estable arriba de los 400°C. De acuerdo al principio de reacción en petrogénesis al precipitar olivina y producirse un descenso de temperatura el líquido reacciona con aquélla para producir piroxeno mucho antes de alcanzar la temperatura de formación de la serpentina. Al considerar estas cuestiones, Turner, dice: "parecería entonces que ningún mecanismo de serpentización hasta ahora sugerido, explicaría completamente todos los datos petrográficos, químicos y de campo" (Turner, 1948, p. 131). *

Según Hess, en el magma serpentínico cristalizaría primero olivina y luego sería atacada por el líquido residual, es decir, sería una reacción autometamórfica; por otra parte este autor no supone un aumento de volumen sino una contracción, que provocaría grietas

* Traducción del autor.

dentro de los cuerpos, las que se rellenarían con esta solución, dando lugar a la formación de crisotilo.

Parece estar descartada la idea de que la serpentización sea un proceso hidrotermal en el cual el agua y la sílice provenga de intrusivos ácidos cercanos a estos cuerpos.

Además Avias (1949) ha propuesto una nueva hipótesis de peridotización y serpentización, fenómenos que serían producidos por difusión de iones en rocas volcánicas de tipo andesítico. Por último Marmo (1958) piensa en una cristalización contemporánea entre olivina y serpentina.

En cuanto al mecanismo de emplazamiento de estos cuerpos dentro de la corteza, se ha aceptado el sugerido por Bowen y Tuttle (1948, p. 455) de que son cuerpos intrusivos de baja temperatura en rocas de geosinclinal y capaces de un "flujo plástico" ascendente a niveles superiores, aunque Bowen mismo, en 1947, había dicho: "El problema total de la serpentina intrusiva permanece en gran misterio" (Bowen, 1947, p. 271). * Este ascenso, producido por las fuerzas compresivas se vería facilitado por la estructura de la olivina (tetraedros aislados) con películas líquidas intergranulares. Sin embargo Hess cuestiona este mecanismo para las serpentinitas intruídas en rocas sedimentarias, lutitas, grauvacas, de bajo ángulo de inclinación y dice: "Así el problema permanece sin resolver; todavía falta alguna pieza de vital evidencia" (Hess, 1955, p. 402). *

Estos cuerpos en las cadenas de montañas de tipo alpino formarían fajas serpentínicas, que si se instruyen en el primer hundimiento del piso marcarían el eje del tectógeno y además servirían para datar el nacimiento de la cadena montañosa.

Bailey y McCallien (1954) han actualizado la antigua posición de geólogos italianos e ingleses que al final del siglo pasado establecieron la relación entre lavas "almohadones" (*pillow lavas*), serpentinitas y ftanitas (*cherts*) de radiolarios, a lo que se le ha dado en llamar la "Trinidad" de Steinman, la que supone que la serpentina se ha depositado como una lava.

Resumiendo, podemos visualizar tres posiciones principales en este problema: la existencia de una masa compuesta principalmente por olivina y piroxeno, cuyos cristales estarían lubricados por delgadas películas de un líquido intergranular que facilitaría el flujo ascendente de estos cuerpos bajo alta presión dirigida. La serpentización

* Traducción del autor.

se provocaría durante su ascenso, tomando el agua necesaria de las rocas húmedas del geosinclinal, o ese mismo líquido lubricante provocaría la serpentización. 2º La posibilidad de un magma que estuviera compuesto por olivina, pero sus cristales inmersos en un líquido residual silíceo, que provocaría la serpentización *in situ*, es decir, cuando sobreviene la intrusión la roca es ya serpentina, y 3º Un magma ultrabásico del cual cristalizaría directamente serpentina y una deficiencia local en sílice provocaría la formación de olivina (Marmo, 1958, p. 10).

Desde otro punto de vista, el problema se podría enunciar así: ¿Interviene la capa peridotítica en la evolución de los geosinclinales que dan cadenas montañosas de tipo alpino? Esta parecería ser la idea dominante en los trabajos de Hess, las intrusiones de serpentinitas en los arcos islándicos y su asociación con las anomalías de la gravedad; la comprobación de que la cadena atlántica media es una dorsal (*welt*) de peridotitas; la explicación de las características de los *guyots* pacíficos y los movimientos epeirogénicos se atribuyen a procesos de serpentización y deserpentinización de la capa peridotítica. Su consideración lleva en sí problemas de temperatura, composición de la capa peridotítica, y profundidad de la discontinuidad de Mohorovicic. Por último Ross, Foster y Myers (1954) sostienen la intervención de la capa peridotítica en el origen de las dunitas y de los nódulos olivínicos en rocas basálticas.

En el área de nuestro estudio la asociación mineralógica, descrita para las rocas de caja de albita-epidoto-anfíbol-granate, revela que el metamorfismo alcanzó la isograda de granate almandino, siendo posteriormente sometido a un proceso de metamorfismo retrógrado que estaría representado por los nódulos de contornos poliédricos (fig. 5) convertidos en un agregado de clorita, biotita, magnetita y cuarzo con remanentes de granate y por áreas cloríticas color verde con una tonalidad castaña clara acompañada por una pigmentación de un mineral opaco (¿magnetita?) de pequeñísimas dimensiones que estaría indicando un proceso de metamorfismo regresivo a partir de la biotita. En cuanto al granate ya se habría construido de allí los lincamientos poliédricos y luego degradado. En ningún caso se observaron fenómenos de rotación o crecimiento de granos; en cambio sí es posible apreciar concentraciones de clorita y biotita, sin restos de granate, dando la impresión que el crecimiento de este mineral se vió interrumpido por un relajamiento de la intensidad de algunos de los factores metamórficos, la temperatura o la presión, o ambas.

La asociación de actinolita y talco también se ha relacionado con metamorfismo retrógrado. Este proceso se halla cerca de la gran falla inversa que corre al pie de toda la cordillera frontal.

La relación entre el cuarzo silicotermal y las serpentinitas, ya que nunca se ha observado que nos corten a los otros, abre un interrogante que ha de ser dilucidado con más observaciones de campo, aunque el

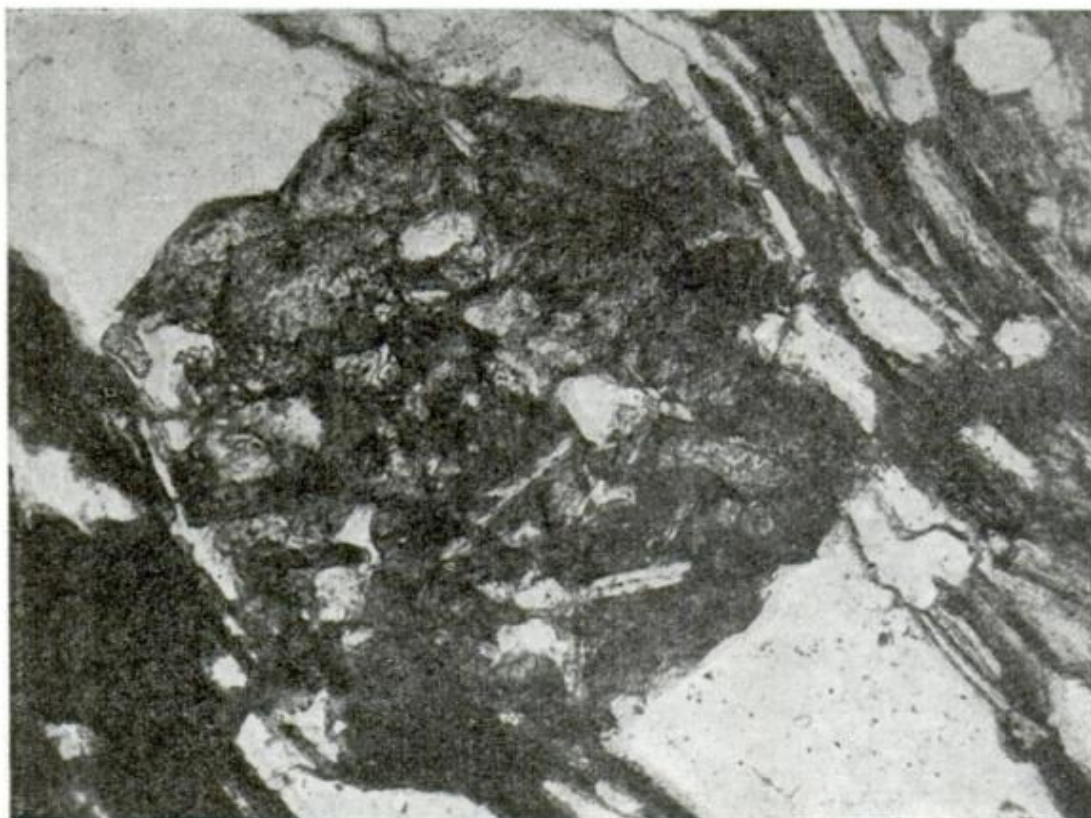


Fig. 5.— Microfotografía donde se observan biotita, clorita, cuarzo y restos de granate; todos encerrados en concentraciones de contornos poliédricos. Fotografía Sr. A. Ferreyra, Museo de La Plata. X 125.

doctor Polanski transmitió verbalmente al autor que ello es de observación corriente en toda la faja reconocida por él.

El cuerpo serpentínico sur presenta la forma de una sección de un domo; parecería que sufrió un aumento de volumen, pero también, podría interpretarse que la serpentina al fluir encontró una estructura favorable y migró hacia ella. Es decir, el arqueamiento de los esquistos provocó una cavidad que fué ocupada por la serpentina. En la otra sección del mapa las serpentinitas tienen forma de lentes alargados en el sentido del rumbo general, y frecuentemente con uno de sus lados en contacto con un banco de caliza. La soldadura entre la caliza

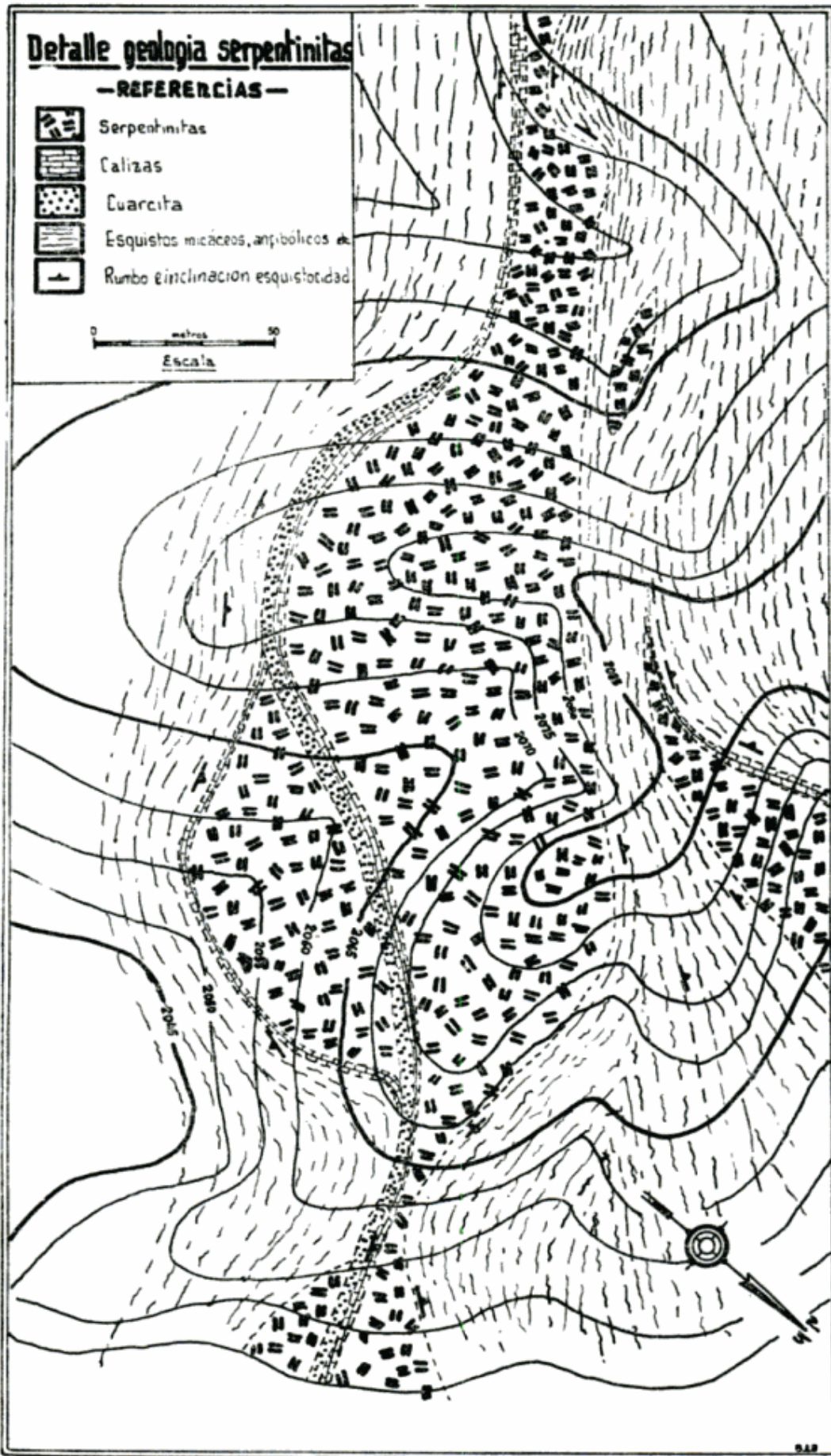


Figura 6

y los esquistos sería más débil y por lo tanto el lugar más apropiado para una intrusión de tipo plástico como serían estos cuerpos. También se realizó un detalle (fig. 6), donde se puede apreciar la forma concordante y de lentes de estos cuerpos; un tabique de caliza y cuarcita separa las dos lentes y la más pequeña tiene la dimensión del pequeño banco de caliza que lo limita, es decir, no ha tenido fuerza suficiente para separar los esquistos.

En opinión del autor los cuerpos serpentínicos fueron intruídos en forma de cuerpos concordantes como una masa heterogénea compuesta de cristales de olivina y líquido de composición peridotítica; este último cristalizó directamente como serpentina, actuando también sobre los cristales de olivina serpentinizándolos. Esto equivale a decir que al sobrevenir la intrusión, los cristales de olivina se comportan como inclusiones dentro de un sistema no cristalino del cual cristaliza serpentina. Aquellos han debido adaptarse al nuevo estado de equilibrio físico-químico, produciéndose la serpentización de la olivina. El principio de reacción entre la olivina y la fase no cristalina corresponde al principio establecido por Bowen (1922, p. 567-568), quien dice: "... puede ser decidido definitivamente que un líquido saturado con un cierto miembro de una serie de reacción está efectivamente saturado con todos los precedentes de aquella serie. El no puede disolverlos y sólo puede reaccionar con ellos para convertirlos en los miembros con los cuales está saturado" *.

Esta interpretación es en cierto modo el enlace entre las ideas de Hess sobre la cristalización directa de serpentina y de Bowen de la serpentización de la peridotita. De acuerdo a la mayor o menor cantidad de líquido (o magma serpentínico) y cristales de olivina habría una relación entre las cantidades de olivina y serpentina en las serpentinitas.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, E. y otros, 1956. *Hoja geológica Mendoza 23 c.* — Informe inédito, D. N. de Geología y Minería.
- AVIAS, J. 1949. *Note préliminaire sur quelques observations et interprétations nouvelles concernant les peridotites et serpentinites de Nouvelle-Calédonie (Secteur Central).* — Bull. Soc. Geol. France. T. XIX, p. 439-451.
- BAILEY, E. B. AND MC CALLIEN, W. I., 1954. *Serpentine Lavas, the Ankara Melange and the Anatolian thrust.* — Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. LXII, Part. II, pp. 403-443.

* Traducción del autor.

- BAIN, W. N. 1936. *Serpentinization of Vermont ultrabasic*. — Bull. Geol. Soc. Amer. vol. 47 pp. 1961-1980.
- BENSON, W. N., 1919. *The origin of Serpentine, a historical and comparative study*. — Amer. Jour. Sci. vol. 46, 4^a serie, pp. 693-731.
- 1927. *The tectonic conditions accompanying the intrusion of basic and ultrabasic igneous rocks*. — Mem. Nat. Acad. Sci. 19, Mem. 1.
- BONNEY, T. G. AND RAISIN, G., 1905. *The microscopic structure of minerals forming serpentine and his relation to its history*. — Quat. Jour. Geol. Soc. vol. 61, p. 690-715.
- BOWEN, N. L., 1922. *The behavior of inclusiones in igneous rocks*. — Journ. Geol. vol. 30, p. 513-570.
- 1928. *The evolution of igneous rocks*. — Princeton University Press.
- 1947. *Magmas*. — Bull. Geol. Soc. Amer. vol. 58, p. 270.
- BOWEN, N. L. AND TUTTLE, O. F., 1949. *The system MgO-SiO₂-H₂O*. — Bull. Geol. Soc. Amer. vol. 60, p. 439-460.
- CAILLERE, S., 1936. *Contribution a l'étude des mineraux des serpentines*. — Bull. Soc. Fran. Miner. t. 59, p. 162-326.
- DU RIETZ, T., 1935. *Peridotites, Serpentine and Soapstone of northern Sweden*. — Geol. Fören. Stockholm. Förh. 401 ; Bd. 57, H. 2, p. 135-260.
- HAAPALA, P., 1936. *On the serpentine rocks in nothern Karelia*. — Comm. Geol. Finlande. Bull. 114.
- HARRINGTON, H. J., 1954. *Hoja geológica Ramblón 22 c*. — Informe inédito D. N. Geología y Minería.
- HESS, H. H., 1933. *The problem of serpentinization and the origin of certain chrysotile asbest tale and soapstone deposits*. — Econ. Geol. vol. 28, p. 635-657.
- 1935. *On the problem of serpentinization*. — Econ. Geol. vol. 30, p. 320-325.
- 1938. *A primary peridotite magma*. — Amer. Jour. Sci. vol. 35, p. 321-344.
- 1948. *Major structural features of the Western North Pacific, and interpretation of H. O. 5485 Bathymetric chart, Korea to New Guinea*. — Bull. Geol. Soc. Amer. vol. 59 p. 417-438.
- 1955. *Serpentines orogeny and epeirogeny en «Crusth of the earth»*. — Bull. Geol. Soc. Amer. Special Paper n° 62 p. 391-408.
- HESS, H. H. SMITH, R. J. AND DENGGO, C., 1952. *Antigorite from the the vicinity of Caracas, Venezuela*. — Amer. Min. vol. 37, p. 68-75.
- HUTTON, C. O., 1936. *Basic and Ultrabasic rocks in North-west Otago*. — Trans. and Proc. of the Royal Geol. Society of New Zealand, vol. 66, p. 231-254.
- NAGY, B., 1953. *The pattern textural of the serpentine*. — Econ. Geol. vol. 48, n° 7.
- NAGY, B. AND BATES, T. P., 1952. *Stability of Chrysotile asbest*. — Am. Min. vol. 37, p. 1035-1038.
- LODOCHNIKOV, W. N., 1933. *Serpentinities and serpentines and the petrological problems connected with them*. — Problems of Soviet Geology, n° 5.
- MARMO, V., 1958. *Serpentinities of Central Sierra Leone*. — Bull. Comm. géol. Finlande n° 180 p. 1-30.
- PHILLIPS, F. C., 1927. *The serpentine and associated rocks and minerals of the Shetland Islands*. — Quart. Jour. Geol. Soc. vol. 83, p. 622-651.
- PHILLIPS, A. H. AND HESS, H. H., 1936. *Metamorphic differentiation of contacts between serpentinites and siliceous country rocks*. — Amer. Miner. vol. 21, p. 333-362.

- POLANSKI, J., 1953-1954. *Relevamiento geológico Hoja 24a, 24b y 25a.* — Informe inédito Dir. Nac. Minería, Bs. As.
- 1957. *El bloque varisco de la Cordillera Frontal de Mendoza.* — Rev. Asoc. Geol. Arg. T. XII, n° 3, p. 169.
- READ, H. H., 1934. *On zoned associations of antigorite, talc, actinolite, chlorite and biotite in Unst. Shetland Islands.* — Miner. Mag. vol. 22, p. 519-540.
- 1934. *The metamorphic geology of Unst in the Shetland Islands.* — Quart. Geol. Jour. Soc. vol. 90, p. 637-688.
- 1958. *Regional Metamorphism in South East Nelson N. Z.* — Geological Survey. Bull. n° 60.
- ROSS, C. S., FOSTER, M. O., MYERS, A. T., 1954. *Origen of dunites and Olivine-rich inclusion in basaltic Rocks.* — Am. Miner. vol. 39, pp. 693-737.
- ROY, D. AND ROY, R. 1954., *An experimental study of the formations and properties of synthetic serpentines and related layers silicate minerals.* — Am. Min. vol. 39, p. 957-975.
- SELFRIDGE, C. C., 1936. *An X Ray and optical examinations of the serpentine minerals.* — Amer. Miner. vol. 21, p. 463-503.
- SOSMAN, H. B. *Evidence on the intrusion-temperature of peridotites.* — Amer. Jour. Sci. 5^{ta}, serie vol. 35. A. p. 353-359.
- TURNER, F. J., 1948. *Mineralogical and structural evolution on the metamorphic rocks.* — Mem. 30. Bull. Geol. Soc. Amer.
- WILKINSON, J. F. G , 1954. *Some aspects of the Alpine types serpentinites of Queensland.* Geol. Mag. vol. 90, n° 5, p. 305-321.

Manuscrito recibido noviembre 1959.