

INTRUSIONES ULTRAMAFICAS EN LA SIERRA DE CORDOBA - ARGENTINA

por

COSENTINO, H. M. y MUTTI, D. I.

(Universidad de Buenos Aires)

SUMMARY

Ultramafic intrusives in the Sierra de Córdoba - Argentina. - Ultramafic bodies of Alpine type outcrop over a belt of 120 kilometers within the Precambrian basement of the Sierra de Córdoba. They occur on metamorphosed sedimentary rocks belonging to the amphibolite facies and range from small pods to sill like masses up to one kilometer in length.

The intrusives with a small central core of relatively fresh bronzite are bounded by a mass of serpentinite. The composition of the primary rock is: 10% to 15% olivine (F₉₈₋₉₆), 80% bronzite (Engg.84) and 5% to 10% chromite plus magnetite. Primary layering is represented by differentiates of olivine and chromite with layers of bronzite.

Chromite pods and lenses, sometimes rimmed by steatite borders, ranging from few centimeters up to one meter in width are made up of chromite and magnetite with minor picotite, augite and enstatite.

Metamorphic aureoles between the ultramafics and country rocks, as well as metamorphic differentiation processes, are described.

Introducción

La Sierra de Córdoba es el cordón montañoso más oriental de las Sierras Pampeanas y está localizada en el centro oeste de Argentina.

El basamento de las Sierras Pampeanas está constituido por rocas metamórficas, graníticas, migmatitas, así como menor cantidades de anfíbolitas, gabros, calizas y rocas ultramáficas (principalmente serpentinitas) de edad Precámbrica a Paleozoica inferior.

Algunas rocas ultramáficas están relacionadas con depósitos de cromo y otras muestran diferenciados básicos locales, conteniendo depósitos de níquel.

Este trabajo forma parte de una investigación mayor, tendiente a caracterizar las rocas ultramáficas y sus asociaciones metalogénicas.

Ambientación regional

El basamento Precámbrico de la Sierra de Córdoba consiste en esquistos, gneises y migmatitas; con fajas menores de mármoles calcáreos y dolomíticos, anfíbolitas y cuerpos pequeños de gabro y serpentinita.

La edad de este basamento calculada por el método Rb/Sr varía entre 1.400 ma. y 700 ma., Cingolani, C.A. y Varela, R., (1975).

La mayoría de las rocas metamórficas son metasedimentarias perteneciendo a las facies de anfíbolita. Sin embargo en algunas áreas extensas el grado metamórfico aumenta desde las facies de anfíbolita a la de hornblenda-granulita.

Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N., (1979) han reconocido cuatro fajas metamórficas principales de oeste a este:

esquistos verdes (zona de clorita)

esquistos verdes (zona de biotita)

esquistos de dos micas y gneises más anfíbolita.

gneises y migmatitas cordieríticas más gneises hipersténicos.

De acuerdo con Cingolani, C.A. y Varela, R., (1975) los principales eventos metamórficos acontecieron entre 650 ma. y 400 ma.:

Durante los tiempos Paleozoicos las rocas fueron afectadas por intrusiones graníticas; Linares, E. y Latorre, C., (1969, 1973) han reconocido tres fases principales de actividad ígnea: entre 520 ma. y 400 ma., entre 380 ma. y 350 ma. y entre 330 ma. y 300 ma.

Sedimentos continentales del Paleozoico superior, pobremente desarrollados, afloran en forma discontinua en el borde oriental y occidental de la Sierra de Córdoba.

La sedimentación continental del Mesozoico superior está representada por bancos rojos y conglomerados con traquibasaltos intercalados.

El vulcanismo alcalino del Terciario se manifiesta en el flanco noroeste de la sierra.

Rocas ultramáficas

Los intrusivos ultramáficos de tipo alpino están expuestos en tres fajas paralelas a la orientación regional de la sierra. Estas fajas están localizadas en el flanco este, en la parte central, y en el flanco oeste de la cadena montañosa.

En este trabajo los autores estudian la faja central, la cual tiene un rumbo norte-sur y aproximadamente 120 km de longitud.

Varios depósitos de cromita están localizados a lo largo de esta faja y han sido explo-

rados discontinuamente. Si bien la producción total ha sido insignificante, hasta la fecha, constituyen la única fuente de aprovisionamiento de este mineral en la Argentina.

Relaciones de campo en la faja central

Las rocas ultramáficas constituyen cuerpos tabulares y lenticulares generalmente concordantes con la estructura de las rocas metamórficas. Su ancho varía desde unos pocos metros y varias decenas de metros, y tienen hasta 1 km en longitud.

Las rocas son de color negro a gris verdoso, dependiendo del grado de serpentinización. Los sistemas de diaclasas están bien desarrollados, con diaclasas espaciadas unas pocas decenas de centímetros. La vegetación sobre los cuerpos ultramáficos es menos densa que en los gneises adyacentes.

Los cuerpos ultramáficos aflorantes a lo largo de la faja pueden ser agrupados en tres secciones.

En la sección norte el principal afloramiento ultramáfico tiene una forma elíptica, una longitud de 1.300 m y un ancho de 700 m. Es concordante con la estructura regional. Lentes menores, no mayores de 300 m afloran hacia el sur por varios kilómetros. Existe una estrecha asociación entre las rocas ultramáficas y las áreas de alto grado de metamorfismo. Estas áreas de alto grado de metamorfismo están representadas por gneises con andalucita y sillimanita, gneises cordieríticos y gneises hipersténicos.

En la sección central la masa ultramáfica principal está representada por un cuerpo sinclinal cuyo eje buza al sudeste, y numerosos lentes menores alineados con el mismo rumbo. Las rocas metamórficas asociadas son micaesquistos cuarzo feldespáticos con almandino, anfíbolitas y mármoles.

La sección sud comprende pequeños cuerpos con una elongación noreste y longitudes de hasta 500 m. Las masas ultramáficas asociadas con los mármoles y las anfíbolitas yacen muy cerca del contacto entre micaesquistos cuarzo feldespáticos y un gneis con granate almandino.

Características petrográficas de las rocas ultramáficas

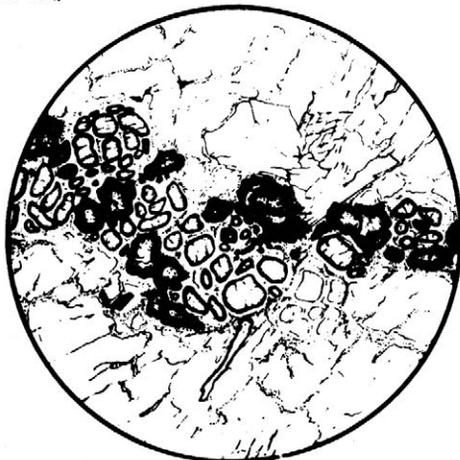
La mayoría de las rocas ultramáficas han sido intensamente serpentinizadas, sin embargo en el núcleo de algunos cuerpos pueden ser encontrados relictos de rocas ligeramente serpentinizadas.

Broncinita

La roca primaria es una broncinita con una mineralogía muy simple: broncinita 80%, olivina 15% y espinelo de cromo y magnetita 5%.

La estructura primaria está indicada por finas capas de olivina anhedral con espinelo de cromo y magnetita subhedral e intersticial, y capas de broncinita sin magnetita. Estas capas tienen hasta 3 mm de espesor y son básicamente paralelas al eje de los cuerpos. A veces incluyen a mosaicos de granos isorientados de olivina de hasta 5 mm con débil extinción ondulante.

La olivina en la broncinita es del tipo magnesiánica, Fo 98-96. Algunos relictos de olivina cerca del contacto con las cajas indican un ligero enriquecimiento en Fe, con composiciones cercanas a Fo 88. La olivina muestra en general zonación con núcleos de composición Fo 96-93 y bordes de composición Fo 90-86.



El ortopiroxeno es una broncinita de composición En 88-84. La textura más frecuente es la poikilitica con cristales de ortopiroxeno envolviendo cristales de olivina. La broncinita muestra evidencias de deformación probablemente debidas al aumento de volumen durante la sustitución molecular de Fo por En. La zonación dentro de la broncinita es común, observándose núcleos euhedrales de En 88-84 rodeados por aureolas anhedrales de En 80. Procesos similares fueron descritos para Dum Mountains, Red Hills y Red Mountains por Challis, G.A., (1965). Wager, L.R. y Deer, W.A., (1939) interpretan que esta zonación significa un crecimiento postdeposicional de cristales acumulados en el fondo de la cámara magmática. Es de notar el aumento en el tamaño de grano del piroxeno hacia el margen de los cuerpos. Cristales de hasta 1,5 cm son frecuentes con elongaciones cristalográficas paralelas al contacto con la roca de caja.

La composición del espinelo fue determinada por métodos de Rayos X. Se trata de una cromohercinita con bajo contenido de Mg y Cr. En la broncinita se presenta en forma intersticial entre las acumulaciones olivínicas, con un tamaño de grano promedio de 0,5 mm. Son frecuentes las texturas en rosario, paralelas al bandeamiento de los minerales primarios.

Las concentraciones locales de cromohercinita, magnetita y menores cantidades de calcopirita han dado origen a lentes explotables de mineral de mena. Estos lentes alcanzan hasta 60 m de longitud y unos pocos metros de ancho. Los minerales de ganga son broncinita, clorita, picotita, augita y cantidades variables de carbonatos de Mg y Ca. Las lentes muy frecuentemente poseen halos de esteatita; D'Aloia, M. y Bianucci, A., (1969).

GRAFICO 1.— Estructura primaria en capas de olivina parcialmente serpentinizada con magnetita y cromohercinita con capas de broncinita fresca. Capas de 3 mm de espesor.

La mena de cromita está generalmente localizada en los bordes de los cuerpos serpentínicos y usualmente está contenida en falla y/o diaclasas. No se han observado vetas en la roca de caja.

Rodingita

Se han observado diques y venas de rodingita dentro de las rocas ultramáficas en la Mina El Destino. De acuerdo con Fernández Gianotti, J., (1977) la rodingita es una roca granoblástica con diópsido, grosularia vesubianita, clorita, calcita y minerales opacos. Ocasionalmente las rocas están brechadas y cementadas por serpentinita niquelífera, (Kittl, E., 1953).

Metamorfismo de contacto

Se ha observado una aureola angosta de metamorfismo térmico bien desarrollada entre las rocas ultramáficas y la roca de caja. Un mapeo detallado llevado a cabo por uno de los autores (JMC) en varias minas del distrito,

muestra una aureola metamórfica casi continua en el contacto entre los cuerpos tabulares y lentes ultramáficos y micaesquistos cuarzo-feldespáticos.

La roca de contacto es un hornfels piroxénico de textura granoblástica de color verde oscuro a negro. La roca ocasionalmente muestra una estructura esquistosa relicta. El espesor de estas aureolas va desde unos pocos centímetros a varios m, con un espesor promedio de 3 a 4 m. Las lentes de hornfels piroxénico están también incluidas en las rocas ultramáficas.

El gráfico 2 muestra el mapa geológico de la Mina 12 de Noviembre. En este yacimiento como resultado de las operaciones mineras existen buenas exposiciones del contacto.

La composición mineralógica promedio del hornfels piroxénico es la siguiente:

Diópsido:	50%
Plagioclasa:	20%
Hornblenda verde (según diópsido):	20%
Augita:	5%
Cuarzo:	4%
Apatita:	1%

MAPA GEOLOGICO

Mina 12 de Noviembre



GRAFICO 2. - Mapa Geológico: Mina 12 de Noviembre

El diópsido constituye la mineralogía principal de la roca. Se presenta en dos tamaños de grano diferentes, generando una estructura bandeada que no es distinguible macroscópicamente. El diópsido está parcialmente reemplazado por hornblenda verde, probablemente relacionada con el metamorfismo regional del grado de anfibolita. La plagioclasa muestra intensa recristalización. El núcleo de los cristales tiene una composición An 20-30 similar a la plagioclasa de la roca de caja. Este núcleo está rodeado por una zona exterior de An 50-60, con una apariencia nebulosa y con maclas difusas.

El borde exterior de la zona de contacto adyacente a la roca de caja muestra diminutas hojuelas de hornblenda castañoverdosa entre los cristales de plagioclasa. No se observan en esta zona de contacto microclino, biotita o granate, todos constituyentes de la roca de caja.

El contacto del hornfels piroxénico con la roca de caja es gradacional. Dentro de una distancia corta (no más de 1 m) la textura granoblástica pasa a una roca foliada, esquistosa, recuperando las características texturales del esquisto original.

Serpentinización de los cuerpos ultramáficos

El metamorfismo de las rocas ultramáficas de la Sierra de Córdoba ha serpentizado más del 70% de la roca primaria. Investigaciones petrográficas y de Rayos X indican que la serpentinita está constituida fundamentalmente por antigorita y lizardita con cantidades menores de crisotilo.

Existe una rápida transición entre la broncinita preservada en los núcleos de los cuerpos y la serpentinita masiva. Los granos de olivina frescos con venillas de antigorita dan paso en pocos metros a una típica textura en malla de serpentinita según olivina.

Los pseudomorfos de bastita según broncinita son comunes. Un tramado de magnetita sigue las márgenes de la olivina parcial

o totalmente serpentinizada y como parches o venillas siguiendo los clivajes de la bastita.

La importancia del H₂O en el metamorfismo de las rocas ultramáficas para inducir la serpentización ha sido demostrado por varios autores. Los trabajos experimentales han demostrado también la importancia del CO₂ en el origen de las distintas paragénesis minerales.



GRAFICO 3.- Fig. a) Pseudomorfo, de bastita según broncinita bordeado por finos granos de magnetita. El detalle muestra reemplazo parcial del talco. Tamaño del cristal: 2 mm. Fig. b) Rosetas de antofilita en el núcleo de broncinita no serpentinizada. El detalle muestra reemplazo parcial por talco. Tamaño de la antofilita: 0,8 mm.

En condiciones de altos valores de X_{CO_2} , la paragénesis antofilita más magnesita se hace estable como producto metamórfico, Johannes, W., (1969) y la serpentinita se torna inestable, Winkler, H.G., (1974). Las condiciones metamórficas de las rocas ultramáficas en la Sierra de Córdoba parecen indicar valores considerablemente altos de X_{CO_2} en adición al H_2O del sistema. En las broncinitas el piroxeno ortorómbico ha sido reemplazado por rosetas de antofilita con cantidades menores de magnesita intersticial. Este reemplazo es de naturaleza centrípeta y progresa a través del clivaje 100. La subsecuente disminución de la X_{CO_2} en la fase fluida está indicado por un reborde de talco que bordea la antofilita. El anfíbol no está en contacto directo con la serpentinita. El gráfico 3 esquematiza las dos paragénesis mencionadas precedentemente.

La fracturación de la serpentinita aumenta hacia el margen de los cuerpos. No se ha observado mayores evidencias de cizallamiento excepto en el contacto con la roca de caja. En estas áreas la malla de serpentinita muestra evidencias de deformación y los pseudomorfos de bastita están moderadamente fracturados.

De acuerdo a las investigaciones de campo y petrográficas puede determinarse que el grado de serpentinitización de la roca primaria aumenta hacia el contacto con la roca de caja.

Estas evidencias permiten concluir que la serpentinitización comenzó desde el borde de los cuerpos y hacia el final del proceso intrusivo.

La preservación de la estructura en malla de la serpentinita indica que los cuerpos no han sufrido deformación plástica, Raleigh, C. y Paterson, M., (1965).

Metasomatismo en la zona de contacto

La serpentinitización de la roca ultramáfica ha producido un notable metasomatismo. Los análisis químicos del ultramáfico, zona de contacto y roca de caja muestran evidencias de una fuerte actividad química.

El gráfico 4 indica la variación de los óxidos principales a través del contacto.

El metasomatismo cálcico aparenta ser el más importante en la zona de contacto. Los diques y venas de rodingita son probablemente una consecuencia de este metasomatismo cálcico. De acuerdo a las evidencias químicas, la introducción de Ca está acompañada por remoción de SiO_2 y Al_2O_3 . Observaciones similares fueron hechas por Challis, G.A., (1965) en las intrusiones ultramáficas de los Red Hill en Nueva Zelandia.

El metasomatismo magnésiano parece ser también muy importante en la zona de con-

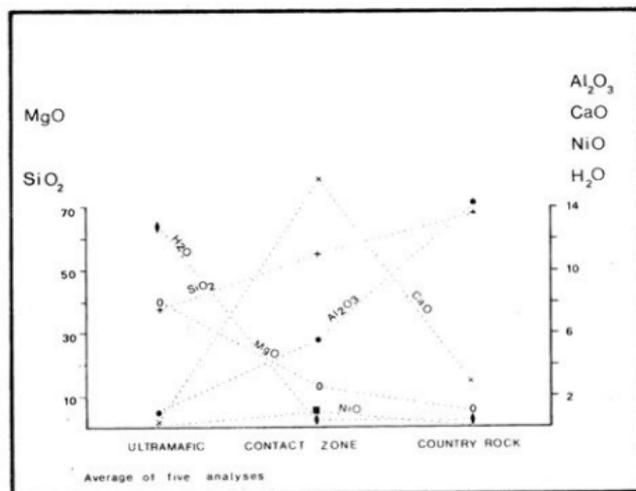


GRAFICO 4.- Variación de los óxidos a través del contacto ultramáfico.

Chemical analysis of rocks across ultramafic contacts (average of 5 analysis)

Weight %	1	2	3
SiO ₂	37,79	53,55	69,50
Al ₂ O ₃	0,64	5,00	14,12
Fe ₂ O ₃	5,48	0,88	0,66
FeO	0,82	6,83	4,81
MnO	0,17	0,20	0,09
TiO ₂	0,03	0,68	0,64
P ₂ O ₅	0,07	0,16	0,20
CaO	0,23	16,61	0,97
MgO	39,62	13,41	3,15
K ₂ O	0,03	0,28	3,34
Na ₂ O	0,21	0,93	1,76
H ₂ O	2,29	0,18	0,22
H ₂ O	12,30	0,15	0,17
NiO	0,22	0,50	0,009
TOTAL	99,90	99,76	99,69
Cr ppm	1.700	3.650	650
Co ppm	120	48	70

CIPU Norma

	1	2	3
Or.	—	1,11	19,70
Ab.	—	7,86	14,94
An.	—	8,89	4,97
Mg.	3,02	1,16	—
Hy.	23,10	16,30	13,90
Q.	—	3,96	38,42
Il.	—	1,22	2,01
Ol.	74,00	—	—
Di.	0,85	55,72	—
Cor.	—	—	6,10
	100,98	96,22	100,04

- 1.- Serpentinites, 12 de Noviembre. Mine.
- 2.- Contact aureole.
- 3.- Country rock, (quartz feldspathic mica achist.)

Analyst: Ana M. FAZIO (Univ. Of. Bs. As.)

tacto. El contenido promedio de MgO en la roca de caja es de 3,15% mientras que en la zona de contacto es de 13,41%, lo que significa una relación de 1:4 para la variación de óxido a través del contacto. Parte de la antofilita desarrollada en la zona de contacto puede ser atribuida al metasomatismo magnesiano.

La variación en el contenido de Cr en la zona de contacto es también importante. La proporción de Cr entre el ultramáfico, la zona de contacto y la roca de caja es 1:2:0,2. No se han observado sin embargo minerales de Cr en la zona de contacto. La mayor parte del elemento está probablemente contenida en el diópsido.

Asociaciones hidrotermales en la zona de contacto

La redistribución del material bajo condiciones hidrotermales entre las serpentinitas y las rocas de caja de composición silíceas, produce asociaciones minerales distintivas, Read, H.H., (1934), Phillip, A.H. y Hess, H.H., (1936). Investigaciones posteriores mostraron que en adición al H₂O, el CO₂ y los esfuerzos de cizalla son factores importantes en el desarrollo de estas asociaciones minerales.

Los efectos de la diferenciación metamórfica en cuerpos ultramáficos de la Sierra de Córdoba fueron moderadamente importantes y dieron origen a modestos depósitos de talco y vermiculita.

La redistribución del material entre la serpentinita y la roca de caja es conspicua donde la aureola de metamorfismo termal está pobremente desarrollada. En cambio donde las asociaciones hidrotermales tienen muy poco desarrollo el metamorfismo termal es importante. Esto indicaría que el hornfels piroxénico actuó como una barrera contra la redistribución y el intercambio químico.

Dos paragénesis fueron reconocidas en la zona de contacto. Una asociación de alta temperatura representada por vermiculita y biotita con cantidades menores de actinolita, y una asociación de baja temperatura con talco y

clorita. Los silicatos laminares fueron estudiados por F. Gianotti, J., (1977) en la Mina Los Guanacos. Este autor usando varias técnicas químicas y de Rayos X concluyó que la vermiculita es en realidad una mezcla regularmente interstratificada de biotita-vermiculita más vermiculita. La clorita, en la asociación de baja temperatura, es una mezcla de interstratificado de clorita-vermiculita más clorita.

La inspección de numerosos contactos donde las dos paragénesis antedichas están bien desarrolladas muestran abundantes microplegamientos y fracturas por cizalla afectando al talco y la vermiculita.

Asociaciones de tipo alpino en la Sierra de Córdoba.

La relación entre las rocas ultramáficas de la Sierra de Córdoba y otras rocas básicas no ha sido investigada en el pasado.

El afloramiento más importante de rocas básicas en la Sierra de Córdoba lo constituye el Cerro San Lorenzo, ubicado a 2 km al sur de la Mina 12 de Noviembre. Inicialmente descrito por Romberg, (1894); fue recientemente estudiado por Toselli, A.J. et al. (1977).

El cuerpo intrusivo es concordante con la roca de caja y constituye el núcleo de un importante anticlinal. La roca está representada por un gabro coronítico olivínico marginado por un gabro hipersténico. El techo y la base del cuerpo están uralitizados.

Otros pequeños afloramientos de gabros y rocas noríticas han sido descritos por Pastore, F., (1932) y Gordillo, C.E., (1958).

Las anfíbolitas, por otro lado, están dispersas en la Sierra de Córdoba especialmente en el flanco oeste. Son cuerpos de forma lenticular o tabular de pocos metros de espesor. Es frecuente su asociación con bancos calcáreos. Estas relaciones pueden sugerir un origen sedimentario para ambas rocas. Sin embargo la relación de Sr 87/Sr 86 de 0.705 - 0.708 para alguna de las anfíbolitas corresponde a rocas de composición basáltica. Sugiriendo que al menos parte de las anfíbolitas tendrían

un origen volcánico.

Todas las rocas anteriormente mencionadas forman parte de una secuencia geosinclinal de edad Precámbrica fuertemente plegada y metamorfozada.

Se ha construido un diagrama AFM para las rocas ultramáficas investigadas y para algunas rocas básicas arealmente asociadas.

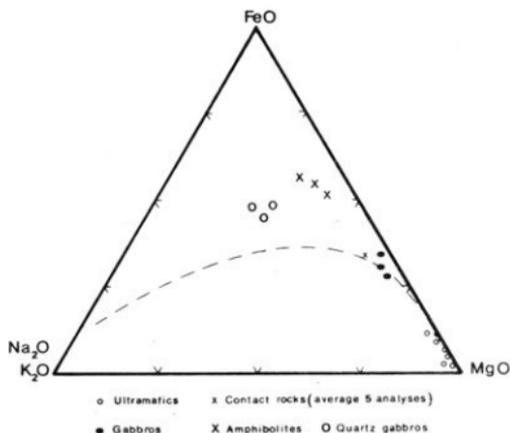


GRAFICO 5.- Triángulo AFM para las rocas ultramáficas de la Sierra de Córdoba y rocas básicas arealmente asociadas.

Los resultados obtenidos indican una tendencia de diferenciación según una proporción decreciente para la relación MgO : FeO que va desde 10:1 en los ultramáficos a 2:1 en los gabros y 1:2 en los gabros cuarzosos. Esta diferenciación acompaña bastante ajustadamente a la tendencia general de la diferenciación calcoalcalina (línea quebrada) mostrada en el diagrama. Esta característica para rocas intrusivas de tipo alpino fue sugerida por Thayer, T.P., (1967).

No se poseen sin embargo, al presente, suficientes datos de campo y laboratorio para probar la tendencia de diferenciación calcoalcalina aquí sugerida.

Conclusiones

1. Las rocas ultramáficas de la faja central, asociadas con áreas de alto grado de metamorfismo, están relacionadas con depósitos de Cr.
2. El magma fue intruido a alta temperatura y produjo una aureola de metamorfismo de contacto con el desarrollo de un hornfels piroxénico. El espesor de esta aureola varía desde pocos centímetros hasta varios metros, con un espesor promedio de 3 a 4 m.
3. Se han observado evidencias de acumulación gravitacional mostradas por una fina alternancia de bandas de olivina con cromohercinita y bandas de broncita. Este rasgo como también la presencia de efectos termales en la roca de caja, podría indicar la existencia de intrusivos ultramáficos transicionales entre cuerpos estratiformes e intrusiones de tipo alpino. Esta posibilidad fue ya sugerida por Smith C.H., (1958).
4. La serpentinización de las rocas ultramáficas ha producido metasomatismo cálcico y magnésico en las rocas de caja. También se ha observado una migración significativa de Cr desde el ultramáfico hacia el hornfel piroxénico.
5. El hidrotermalismo en la zona de contacto entre el ultramáfico y la roca de caja dio origen a una asociación de alta temperatura de vermiculita y biotita y a una asociación de baja temperatura de talco y clorita.
6. El diagrama AFM indica una tendencia de diferenciación magnésica para las rocas ultramáficas y máficas muy similar a la tendencia general de diferenciación calcoalcalina; indicada para zonas orogénicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. M.C. Etchichury por el dibujo de las observaciones de secciones delgadas.

Esta investigación fue financiada por el subsidio 8149/77-6 de SECYT.

BIBLIOGRAFIA

- CHALLIS, C.A., 1965. The origin of New Zealand Ultramafic Intrusions.- *Petrology*, 6, 2: 322-264.
- CHALLIS, G.A., 1965. High-temperature Contact Metamorphism at Red Hills Ultramafic Intrusions, Wairau Valley, New Zealand.- *J. Petrology*, 6, 3: 395-419.
- CINGOLANI, C.A. y VARELA, R., 1975. Geocronología Rubidio-Estroncio de rocas ígneas y metamórficas de la Sierra Chica y Grande de Córdoba. Seg. Congr. Iberoamericano Geol. Ecor. Bs. As. 1,9-35.
- D'ALOIA, M. y BIANUCCI, A., 1969. Estudio geológico minero del yacimiento de cromita de Athos Pampa, prov. de Córdoba. *Actas Cuartas Jorn. Geol. Arg., Bs. As.* 1, 253-368.
- FERNANDEZ GIANOTTI, J., 1977. Geología de la faja de rocas ultrabásicas de la ladera oriental de la Sierra de Comechingones, Prov. de Córdoba. PhD Tesis. Univ. of Buenos Aires.
- GORDILLO, C.E., 1958. Estudio químico petrográfico de las rocas intrusivas de la quebrada del río Primero.- *Boln. Acad. nac. cienc., Córdoba*, 40: 141-170.
- GORDILLO, C.E. y LENCINAS, A.N., 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis en Geología Regional Argentina.- *Acad. nac. cienc., Córdoba*, 1.
- JOHANNES, W., 1969. An experimental investigation of the system $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$.- *Am. J. Sci.* 267: 1083-1104.
- KITTL, E., 1953. Estudios sobre minerales de Niquel del país.- *Revta. Minera*, 21, 1: 23-26.
- LINARES, E. y LATORRE, C., 1969. Edades R/A y Pb/alfa de rocas graníticas de Córdoba y San Luis. *Actas Cuartas Jorn. Geol. Arg. Bs. As.* 1, 501-509.
- LINARES, E. y LATORRE, C., 1973. Nuevas edades radimétricas por el método potasio-argón de rocas graníticas de Córdoba y San Luis. *Actas quinto Congreso Geol. Arg. Bs. As.* 1, 405-410.
- PASTORE, F., 1932. Hoja 201 del Mapa Geológico de la Argentina, región oriental y media de la Sierra de Córdoba.- *Boln. Dir. Min. y Geol. Bs. As.* -36.

- PHILLIPS, A. H. & HESS, H., 1936. Metamorphic differentiation at contacts between serpentinite and siliceous country rocks.- *Amer. Min.* 21: 333-362.
- RALEIGH, C.B. & PATERSON, M.S. 1965. Experimental deformation of serpentinite and its Tectonic implications.- *J. Geophys. Res* 70: 3965-3985.
- READ, H.H., 1934. On zoned associations of antigorite, talc, actinolite, chlorite and biotite in Unst, Shetland islands.- *Min. Mag.* 23: 519-540.
- ROMBERG, J., 1894. Diorit, gabbro, und amphibolitgesteinen aus dem gebiete der argentinischen Republik. Petrographische untersuchungen. *N. Jahrbuch f. Mineralogie. Beilageband IX*, 321-326, Stuttgart.
- SMITH, C.H., 1958. Bay of Islands Igneous Complex, Western Newfoundland. *Mem. Geol. Surv. Canada*, 290: 132 pp.
- THAYER, T.P., 1967. Chemical and Structural relations of ultramafic and feldspathic rocks in Alpine intrusive complexes pp. 222-239 in *Ultramafic and Related Rocks*. Ed. Willie, P.J. John Wiley and Sons.
- TOSELLI, A.J. et al., 1977. El Gabro Coronítico del Cerro San Lorenzo. Córdoba, Argentina.- *Revta. Asoc. geol. argent.* 32, 3: 161-175.
- WAGER, L.R. & DEER, W.D., 1939. Geological investigations in east Greenland. Pt. 111 The petrology of the Skaergaard intrusion Kangerdlugssvaq. East Greenland. *Med. om Gronland*, 105 (4).
- WINKLER, H.G., 1974. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. 4th. Ed. Springer. Verlag. Edit.