

LAS OFIOLITAS Y OTRAS ROCAS AFINES

MIGUEL J. HALLER¹ Y VICTOR A. RAMOS²

¹ Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, CENPAT - CONICET, Puerto Madryn

² Universidad de Buenos Aires

INTRODUCCION

La existencia de afloramientos de rocas ultramáficas en la provincia de Mendoza es conocida desde los estudios liminares de Avé-Lallemant (1891), quien describe su presencia en el cordón de Bonilla y sectores aledaños. Con posterioridad, Stappenbeck (1910, 1917) cita afloramientos de rocas ultramáficas en las sierras de Cortaderas y en el faldeo oriental del cordón del Plata. Corresponde a Polanski (1964b, 1972) el primer mapeo regional de estas rocas en la Cordillera Frontal. Dada la naturaleza peculiar de dichos afloramientos, se hizo necesario que un grupo de geólogos dedicara en forma específica su atención a este tipo especial de litología y así surgieron las importantes contribuciones de González Díaz (1958), Zardini (1959), Villar (1969, 1970) y Bjerg *et al.* (1992b) sobre las ultramafitas de las nacientes del río Las Tunas en la cordillera Frontal; los aportes de Zardini (1961a) y Cosentino (1968) sobre las serpentinitas del cordón de Bonilla y las destacadas contribuciones de Días y Zanoni de Tonel (1987, 1992) referentes a las peridotitas y rocas asociadas de la sierra de Cortaderas, en el segmento austral de la Precordillera.

LITOLOGIA Y DISTRIBUCION

La distribución areal de las rocas ultramáficas de Mendoza es de tipo lineal (véase figura 1), lo que ha

llevado a distintos autores a referirse a la misma como *faja* de rocas ultramáficas (e.g. Zardini, 1959; Villar, 1975, 1985). La mencionada faja se inicia en la provincia de San Juan y se extiende desde el límite interprovincial, por la sierra de Cortaderas, sigue por la sierra de Uspallata y el cordón de Bonilla. Al sur del río Mendoza, los afloramientos continúan por los contrafuertes septentrionales y orientales del cordón del Portillo. Se incluyen provisoriamente en esta faja, a los afloramientos de gabros que asoman en las inmediaciones del dique El Nihuil, descriptos por González Díaz (1972a), los que constituirían el extremo austral de la misma.

La faja ultramáfica de Mendoza reúne varios tipos litológicos, que corresponden a rocas peridotíticas, su cortejo asociado y rocas gábricas. Como regla general, las rocas presentan distintos grados de serpentinitización, en algunos casos muy avanzada, que oblitera completamente la textura original.

En el segmento septentrional de la faja, más específicamente en el flanco occidental de la sierra de Cortaderas (figura 2), afloran peridotitas tectonizadas, peridotitas, piroxenitas, dunitas, gabros y manifestaciones muy subordinadas de rodingitas y plagiogranitos. Las peridotitas tectonizadas son rocas de aspecto lustroso, de color general verde azulado claro, cuya característica más llamativa es una fábrica dada por la isoorientación de los espinelos de color más oscuro que el resto de la roca. Las peridotitas y dunitas pre-

centímetro de longitud, escasa plagioclasa saussuritizada y cristales semiesqueléticos de ilmenita.

Los cuerpos ultramáficos de las nacientes del río Las Tunas y alrededores conforman el segmento austral de la faja y son los mejor conocidos, debido a que cuentan con un mayor número de estudios de detalle. En las cercanías del Refugio Militar Coronel de la Plaza, Zardini (1959) describe la presencia de serpentinitas de textura masiva, de colores violáceos, amarillentos y con tonalidades rojizas. Al microscopio, se observa un agregado de antigorita con clorita y pequeños cristales relícticos de olivina, acompañados de magnetita y en ocasiones de augita. En algunas áreas se desarrollaron cuerpos de talco. Aguas arriba por el río de las Tunas, en el faldeo noroccidental de la cuchilla de Guargaraz, Bjerg *et al.* (1992b) establecieron la existencia de rocas máficas serpentinizadas, asociadas a gabros y a basaltos con estructuras almohadilladas. Los autores citados identificaron cuatro tipos litológicos con características mineralógicas propias: 1) compuesto por serpentina, de textura interpenetrativa, con escasas texturas pseudomórficas de olivina; subordinadamente hay magnesita, calcita y magnetita; 2) compuesta por serpentina con textura interpenetrativa, con texturas *mesh* con núcleos de serpentina pseudoisótropa; se asocian subordinadamente calcita, magnesita, clorita, magnetita, ilmenita, cromitas relícticas y sulfuros diseminados; 3) caracterizado por serpentina pseudomorfa de piroxeno y olivina, relictos de dichos minerales y soles de tremolita serpentinizados en parte; minoritariamente, acompañan calcita, clorita, magnetita y pentlandita, y 4) se trata de gabros metamorfizados, con uralitización de los piroxenos y formación de epidoto.

Desde la cuchilla de Malacara, con rumbo noreste, hasta la confluencia del río de las Tunas con el Santa Clara, hay un alineamiento de cuerpos de rocas máficas y ultramáficas que han sido estudiados en detalle por Villar y Donnari (1989b). Entre las rocas ultramáficas, las autoras mencionadas describen la existencia de serpentinitas, wehrlitas, lherzolitas y dunitas cumulares; todas estas rocas están afectadas por tremolitización, serpentización y cloritización, así como cortadas por venas de crisotilo. Sobre la margen suroriental del alineamiento y en pasaje abrupto, afloran gabros de textura granosa, bandeados, formados por bandas de orto y clinopiroxenos asociados a sulfuros y espinelos cromíferos y metales preciosos, que se intercalan con bandas de plagioclasa muy cálcica. Los gabros están afectados por el metamorfismo regional, que las convierten en anfibolitas.

Otro grupo de asomos se encuentra sobre la elevación que separa los cauces de los ríos Barraquero y Novillo Muerto, donde afloran rocas máficas y ultramáficas que fueron estudiadas desde el punto de vista petro-

lógico con sumo detalle por Villar (1969). Esta investigadora describe una complejo diferenciado donde participan dunitas, harzburgitas, piroxenitas, wehrlitas y carbonatitas subordinadas. La serpentización, que aumenta hacia la periferia de los cuerpos, se manifiesta por la presencia de brucita, tremolita, crisotilo, antigorita y magnetita en la roca, la que es atravesada por venillas de crisotilo.

Las dunitas se presentan con estructuras homogénea y cumular; están constituidas por olivina, principalmente forsterita, cromita y espinelo. Las harzburgitas están formadas por olivina (forsterita), enstatita y espinelo verde, presentan textura granosa panalotriomorfa homogénea y en ocasiones cumular. Las piroxenitas están constituidas por ortopiroxenos (enstatita) y escasa olivina relíctica. En ocasiones, las piroxenitas adquieren características de venas pegmatoides y micropegmatoides que atraviesan las rocas asociadas. Las wehrlitas tienen textura granosa homogénea y presentan variedades según la proporción de clinopiroxeno (diópsido) presente, respecto a la olivina y los minerales opacos. Las carbonatitas están interestratificadas con las rocas ultramáficas; están constituidas por un núcleo de carbonato y un borde bandeado, donde el carbonato se mezcla con los minerales silicatados. La composición del carbonato varía entre calcita y manganocalcita, mientras que los silicatos presentes son olivina magnésica, diópsido, tremolita, actinolita y serpentina.

Al sur del arroyo Barraquero, existe otro conjunto de afloramientos de rocas ultramáficas, que fuera descrito por González Díaz (1958). Estos cuerpos constituyen gran parte de la estructura del cerro Don Rocha. González Díaz (1958: 106-107) describe afloramientos de esquistos antofilíticos, talcosos, tremolíticos, serpentínicos y *unas rocas en las que la olivina es un mineral común*. Los afloramientos de ultramafitas se extienden hacia el suroeste en forma lineal, hasta el cerro El Portillo situado en el cordón homónimo. El más próximo se encuentra cerca del portezuelo de los Cueros y está formado según Polanski (1964b), por una peridotita serpentizada, de color negro, cruzada por vetillas de crisotilo fibroso. Acompañan esquistos tremolíticos, actinolita y talco. Sobre la cuchilla del Guindo, en el cauce del arroyo homónimo, aflora una roca compuesta por restos de piroxenos y anfíbol fibroso secundario. Polanski (1964b) describe asimismo la existencia de otro afloramiento más al suroeste, en las paredes del circo glaciar del cerro El Portillo. En esta localidad, la roca es una anfibolita hornblendífera cloritizada, derivada de piroxenitas.

En la sierra de Cortaderas, los cuerpos de rocas máficas y ultramáficas son husiformes y están emplazados en escamas tectónicas repetidas, con planos de sobre-corrimientos inclinados al este (Haller y Ramos, 1984;

CUADRO I: TERMINOS DE UNA SECUENCIA OFIOLITICA COMPLETA, DEFINIDA POR LA CONFERENCIA PENROSE EN 1972.

Volcanitas básicas (generalmente almohadilladas)	
— en pasaje gradual —	
Complejo de diques básicos	
Trondjemitas Gabros	Intrusivos de Nivel Alto
Gabros olivínicos Piroxenitas Peridotitas	Cumulatos estratificados
Harzburgitas (en ocasiones lherzolita, dunita, con fábrica metamórfica tectonizada) Comunmente serpentinizadas	

Días y Zanoni de Tonel, 1987). En las otras localidades descriptas, los autores respectivamente citados coinciden en señalar que los cuerpos ultramáficos y/o las serpentinitas tienen forma de huso y que sus contactos con la roca alojante son concordantes con la estructura regional, aunque en ocasiones se menciona el carácter intrusivo de dichos contactos, señalando en la mayoría de los casos, que no hay efectos sobre la roca de caja. Para una mejor interpretación de tales descripciones, debe tenerse en cuenta la evolución del concepto de *magma serpentínico* a lo largo del tiempo. En un primer período, se aceptó que el proceso de serpentinización comenzaba en la cámara magmática a temperaturas relativamente bajas (Bowen y Tuttle, 1949); entonces, el concepto de aquella época fue que la intrusión de un magma serpentínico provocaba *contactos fríos*. Este paradigma particular habría motivado en los geólogos que trabajaron durante esa época, la interpretación en el campo de los referidos contactos de intrusión. Sin embargo, las observaciones *in situ* realizadas por los autores de este trabajo, sumado al manifiesto alineamiento regional y local de los cuerpos, permite señalar que los cuerpos máficos y ultramáficos que conforman la faja ultramáfica de Mendoza fueron emplazados tectónicamente.

Intrusivos básicos deformados se hallan en Loma Alta al oeste de San Rafael (figura 1). González Díaz (1981) los interpreta como gabros de edad ordovícica

(474-484 Ma) aunque se desconocen sus características petrológicas y afinidades.

CONSIDERACIONES GEOQUIMICAS

Se dispone de algunos análisis químicos de rocas representativas de las unidades descriptas, Haller (*en prep.*) que permiten establecer comparaciones entre las diferentes unidades litológicas entre sí y con respecto a otras asociaciones máficas y ultramáficas. Las rocas presentan contenidos en sílice entre 43 y 51 %. Los tenores de FeO* lo hacen entre 6,50 y 13,50 %. Por su parte, los contenidos de MgO se encuentran entre 5 y 45 %. Los álcalis totales varían entre 0,06 y 4 %; mientras que el CaO lo hace entre 0,06 y 11,50 %.

En el diagrama de variación (figura 4) se grafican con respecto al Zr, los contenidos de los elementos mayoritarios y trazas de las rocas de la faja ultramáfica de Mendoza. Los tenores de SiO₂ no muestran una correlación definida, manteniéndose constantes para los distintos valores de Zr. Los contenidos en TiO₂ y Fe₂O₃* aumentan con bastante regularidad con el aumento de los tenores en Zr; por su parte, el MgO muestra una disminución rápida para valores de Zr entre 43 y 55 ppm de Zr, para luego mantener una cierta constancia para los valores mayores; empero la razón FeO*/MgO tiene una correlación positiva con el Zr. El comportamiento

La literatura geológica presenta distintas interpretaciones respecto al origen de la faja ultramáfica de Mendoza. Ello ha de ser el resultado de la evolución de las teorías referidas al magmatismo ultramáfico, así como a la existencia de dos escuelas a nivel mundial, cada una de las cuales ha estudiado los ejemplos de su lugar de origen, que de por sí son de génesis diferente. Para una mayor ilustración, es conveniente consultar la síntesis de Hughes (1982).

Corresponde a Borrello (1963b, 1969b) realizar la primera síntesis del conocimiento sobre las rocas máficas y ultramáficas del oeste argentino; este investigador las consideró como rocas de procedencia ofiolítica, representantes del magmatismo simaico inicial de un ciclo geosinclinal.

Las ultramafititas del arroyo Novillo Muerto fueron divididas por Villar (1970) en dos series: una de tipo alpino y otra de tipo alcalino. Posteriormente, esta autora considera que la faja de rocas ultramáficas de Mendoza es de tipo alpino (Villar, 1985).

Sobre la base de consideraciones estructurales, petrológicas y geoquímicas, Haller y Ramos (1984) postulan el carácter ofiolítico de la faja ultramáfica de Mendoza. Kay *et al.* (1984) establecen el origen oceánico de las rocas gábricas y basálticas de la faja, teniendo en cuenta los rasgos petrológicos y geoquímicos de elementos trazas de las mismas. Posteriormente, Días y Zanoni de Tonel (1987), sobre la base de consideraciones mineralógicas, determinan que las rocas ultramáficas fueron serpentinizadas en un medio oceánico.

Teniendo en cuenta algunos rasgos petrográficos de los gabros aflorantes en el sector sur del río de Las Tunas, Villar y Donnari (1989b) interpretan a dichas rocas como pertenecientes a un complejo máfico-ultramáfico semejante a los aflorantes en Alaska. Por consideraciones sobre la presencia de elementos del grupo del platino en las rocas ultramáficas del mismo sector de la cordillera Frontal, Villar *et al.* (1992) descartan que la faja sea interpretable como una ofiolita.

Por su parte, Bjerg *et al.* (1992a) consideran que los bajos contenidos de platinoideos en las rocas ultramáficas de la Cordillera Frontal, son el resultado de la removilización y redistribución de los metales preciosos por efectos de la serpentización y metamorfismo; en lo referente a su origen, estos últimos autores consideran que las rocas conforman una secuencia ofiolítica de tipo alpino parcialmente desmembrada.

Días y Zanoni de Tonel (1992) reafirman el carácter ofiolítico de las rocas ultramáficas aflorantes en la sierra de Cortaderas sobre la base de consideraciones petrológicas.

De la apretada síntesis anteriormente expuesta, surge que algunos autores sostienen el carácter ofiolítico de la faja ultramáfica de Mendoza, mientras que otros la rechazan, asimilándola a otro modelo tectomagmático.

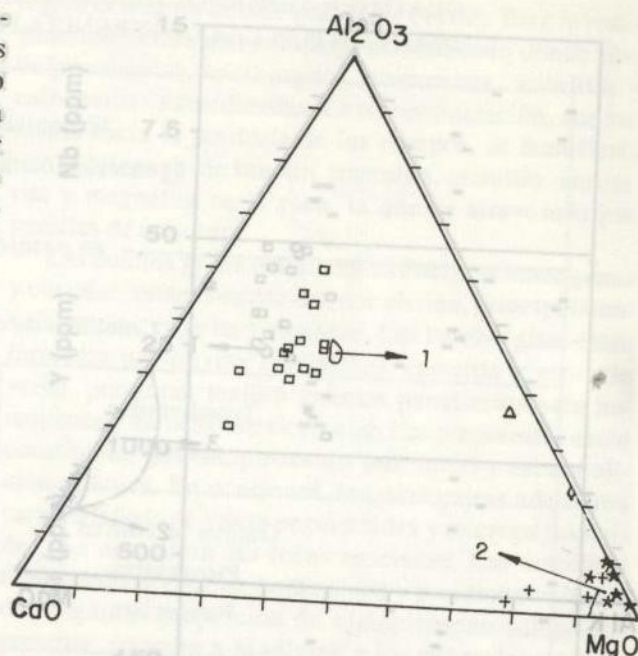


Figura 7. Diagrama $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ de las rocas de la faja ultramáfica de Mendoza, datos de Haller (en prep.). 1. Dorsal centro-oceánica; 2. Peridotitas metamórficas. Campos definidos por Coleman (1977).

En la conferencia Penrose sobre ofiolitas (1972) se definió a éstas como una asociación de rocas máficas y ultramáficas que tienen una composición y ordenamiento específicos. También se reconoció que en las áreas estructuralmente complejas, pueden faltar algunos miembros de la secuencia o estar tectónicamente disturbadas o metamorfizadas, en cuyo caso se aplican los términos ofiolita desmembrada o metamorfizada, según el caso. La secuencia ofiolítica completa presenta los términos descriptos en el cuadro I.

A las rocas ígneas mencionadas en el cuadro anterior, se le asocian sedimentitas como cherts bandeados, lutitas y calizas subordinadas; rocas ígneas félsicas sódicas intrusivas y/o extrusivas y cuerpos podiformes de cromita.

En las líneas siguientes se analizarán aspectos petrológicos, estructurales y de geología regional de la faja ultramáfica de Mendoza y se efectuarán comparaciones con ejemplos de otras partes del planeta.

Ultramafititas tectonizadas

En la sierra de Cortaderas afloran rocas peridotíticas serpentinizadas que muestran un manifiesto arreglo de los relictos cristalinos de olivino, plagioclasa y espinelos que las componen. Los cristales o sus relictos se

presentan fracturados, rotados, con su ejes mayores isoorientados y los opacos tienen una actitud semejante y presentan una marcada alineación. Tales rasgos petrográficos caracterizan las tectonitas ultramáficas de Troodos y de otras ofiolitas tethianas (Meznies y Allen, 1974), así como de ofiolitas caledónicas (Malpas, 1977).

Desde el punto de vista geoquímico, las rocas tectonizadas caen en el campo de las peridotitas metamórficas delimitados por Coleman (1977) en los diagramas AFM (figura 5) y $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ (figura 7).

Cumulatos ultramáficos y máficos

La presencia de rocas con estructura cumular en la faja ultramáfica de Mendoza, ha sido citada en diversas localidades. En los asomos del arroyo Novillo Muerto, Villar (1969) describe las estructuras bandeadas que caracterizan las rocas ultramáficas allí aflorantes, dada por la alternancia de olivinas y espinelos. Para la franja situada al noroeste, Villar y Donnari (1989b) describen afloramientos de gabros asociados a ultramafitas, con estructura cumular, donde alternan capas de piroxenos y opacos, con bandas de plagioclasa. En la sierra de Cortaderas, Días y Zanoni de Tonel (1992) mencionan la existencia de afloramientos de gabros olivínicos con estructura cumular, que gradan hacia gabros piroxénicos homogéneos.

Intrusivos de nivel alto

La presencia de gabros clinopiroxénicos ha sido citada por Kay *et al.* (1984) en la sierra de Bonilla. Por su parte, en la sierra de Cortaderas afloran diversas manifestaciones de gabros, que fueran caracterizados petrográficamente por Stieglitz (1914) y Cucchi (1972b); estos gabros están constituidos por clinopiroxeno y plagioclasa, esta última parcialmente sassuritizada. Días y Zanoni de Tonel (1992) describen asomos de plagiogranitos con albita alterada, existentes en la sierra de Cortaderas.

Las determinaciones geoquímicas permitieron a Kay *et al.* (1984) establecer un carácter tholeítico oceánico para los gabros. Puede apreciarse que en los diagramas AFM y $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ (figuras 5 y 7) los gabros se ubican próximos a los campos delimitados para los basaltos de las dorsales centro-oceánicas.

Volcanitas básicas

La existencia de afloramientos de basaltos almohadillados en la faja de Mendoza ha sido mencionada por

Borrello (1963b, 1969b) en la sierra de Cortaderas. Similarmente, Bjerg *et al.* (1992a) citan la presencia de lavas almohadilladas en las márgenes del río de Las Tunas. Otras manifestaciones de basaltos han sido citadas por Keidel (1939b) en la sierra de Uspallata. El espesor de los afloramientos mencionados no es conocido. Sin embargo, en la continuación septentrional de la faja en la provincia de San Juan, se midieron más de 400 metros de espesor de lavas basálticas almohadilladas, las cuales se hallan asociadas con sedimentos marinos de profundidad, como chert bandeados y sedimentos ferromangíferos.

Kay *et al.* (1984) tipificaron los basaltos de Uspallata desde el punto de vista geoquímico, concluyendo que tienen características de tholeitas oceánicas y que reúnen rasgos geoquímicos semejantes a los intrusivos asociados, aflorantes en las mismas localidades.

En los Apalaches, la pila de basaltos almohadillados medidos en Bay of Islands, Terranova, alcanza un espesor de 300 metros y tienen caracteres de tholeitas oceánicas (Malpas, 1977).

CONCLUSIONES

Los distintos afloramientos de rocas máficas y ultramáficas de Mendoza han sido tectónicamente removidos de su lugar de formación original. El manifiesto alineamiento espacial de los afloramientos en una faja de rumbo submeridional, cuya longitud excede los límites de la provincia y se extiende por más de 600 kilómetros, argumenta a favor de la importancia tectónica de este rasgo geológico. Al reconstruirse las distintas secciones litológicas que componen la faja, puede establecerse una secuencia ofiolítica. Están presentes todos los tipos litológicos que caracterizan una ofiolita desmembrada según la Conferencia Penrose: harzburgitas tectonizadas, peridotitas y dunitas con estructura cumular, gabros bandeados, gabros homogéneos, diques gábricos y basálticos y volcanitas con estructuras almohadilladas. Los rasgos geoquímicos de los términos superiores de esta secuencia, corresponden a los de rocas generadas en un ambiente oceánico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean dar un expreso reconocimiento a la Dra. Luisa M. Villar, por su esfuerzo y dedicación, que permitieron interpretar las rocas ultramáficas de la Argentina.