

EL BASAMENTO, FACIES ANFIBOLITA - GRANOLITA Y LA FAJA ULTRA-  
BASICA DE LA SIERRA DE FIAMBALA, PROVINCIA DE CATAMARCA

por

\* Luisa M. VILLAR,

\* Marta C. GODEAS y

\* Susana J. SEGAL

RESUMEN

En la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca, Argentina, está alojada la faja ultrabásica homónima, constituida por serpentinitas, peridotitas parcialmente serpentinizadas, harzburgitas y rocas monominerales (enstatolitas y dunitas). Estas rocas están mineralizadas por pirrotina, magnetita, espínelo, oro nativo, cromita, pentlandita, limonitas, awaruíta y heazlewoodita.

La faja se encuentra alojada en un basamento listado de alto grado formado por la serie granolita - granoblastita - anfibolita - gneis. Las granolitas (Winkler) (granulitas según Turner y Verhoogen) pertenecen a la zona regional de hipersteno, subzonas de hipersteno - plagioclasa y de clinopiroxeno - granate - cuarzo.- Las granoblastitas abarcan un grupo de rocas diversas de la zona regional de hipersteno (facies granulita) que no poseen asociaciones mineralógicas típicas.

Las anfibolitas pertenecen a la zona de mediano grado de metamorfismo (Winkler) (facies anfibolita, subfacies sillimanita - almandino - ortosa, Turner y Verhoogen).

Los gneises corresponden a la zona de mediano grado de metamorfismo, facies y subfacies semejantes a las de anfibolita.

Las granolitas de las subzonas de hipersteno - plagioclasa y de clinopiroxeno - granate - cuarzo pasan a rocas de la zona de mediano grado de metamorfismo (facies anfibolita). Se observan transiciones entre las granoblastitas, las granulitas y las rocas de la zona de grado mediano (facies anfibolita).

La región está intruída por granitos y dioritas.

El paleoconjunto que originó la serie mencionada estuvo formado por rocas básicas con intercalaciones de areniscas, rocas pelíticas y facies calcáreas.

El basamento de alto grado (catazona) se encuentra formando una escama elevada por fallas. Esta es atravesada por una zona de dislocación profunda (falla afín al tipo fundamen-

\* Servicio Minero Nacional.

tal) que favoreció el emplazamiento de la faja ultrabásica, la cual fue acompañada por procesos de escapolitización y carbonatización además de penetración de granitos y dioritas en distintas etapas.

#### ABSTRACT

At Sierra de Fiambalá, Catamarca province, the homonymous ultrabasic belt is placed; it is formed by serpentinites, partially serpentized peridotites, harzburgites and monomineral rocks (enstatolites and dunites). These rocks are mineralized by pyrrhotite, magnetite, spinel, native gold, chromite, pentlandite, limonites, awaruite and heazlewoodite.

The belt is placed in a high - grade banded basement, composed by the granulite - granoblastite - amphibolite - gneiss series. The granulites (Winkler) (granulites, Turner and Verhoogen) belong to the regional hypersthene zone, hypersthene - plagioclase and clinopyroxene - garnet - quartz subzones. Granoblastites form a group of diverse rocks of the regional hypersthene zone (granulite facies) that haven't typical mineralogical associations.

Amphibolites belong to the medium grade metamorphism zone (Winkler) (amphibolite facies, sillimanite - almandine - orthoclase subfacies, Turner and Verhoogen).

Gneisses correspond to the medium grade metamorphism zone, facies and subfacies similar to amphibolite.

Granulites of hypersthene - plagioclase and clinopyroxene - garnet - quartz subzones pass gradually to medium grade metamorphism zone rocks (amphibolite facies). Transitions are observed between granoblastites, granulites and rocks from the medium grade zone (amphibolite facies).

The region is intruded by granites and diorites.

The ancient assemblage that gave place to the mentioned series was formed by basic rocks, with intercalations of arenites, pelitic rocks and calcareous facies.

The high - grade basement (kata zone) forms a basement scale uplifted by faults. This basement scale is crossed by a deep dislocation zone (fundamental type fault), that helped the setting of the ultrabasic belt; this event was accompanied by scapolitization and carbonatization, in addition to granite and diorite penetration in different stages.

#### A - ANTECEDENTES

Varios trabajos han sido realizados en la zona: la descripción geológica de González Bonorino (1972); el estudio de los distritos mineros de la Sierra de Fiambalá por Tezón y Fernández Lima (1949), y otros acerca de la faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá (Villar, 1969, 1970, 1972, 1973, 1974, 1975); la descripción geológica de los mosaicos 23: B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, llevada a cabo por Alcántara (1972); y el estu

dio de la mineralización de estaño relacionada con granitos, realizada por Cravero (1974).

## B - GEOLOGIA

En la Sierra de Fiambalá existe entre las lineaciones trazadas por la Quebrada de la Cortadera al norte y la Quebrada de Cuestanzune al sur (ver Mapas 1 y 2), una escama de basamento metamórfico de alto grado que alcanza facies granulita; limita al sur con el cuerpo de ortogneis de la Puntilla (González Bonorino, 1972) y al norte con las migmatitas que constituyen el grueso de la Sierra.

En la escama de alto grado de metamorfismo se alojan granitos, la faja ultrabásica y rocas basálticas ultramáficas alcalinas.

### 1 - Granitos

Aproximadamente en forma paralela al rumbo de la faja ultrabásica se alojan en el basamento de alto grado varios cuerpos graníticos discordantes relacionados con la mineralización de wolframio y estaño que se encuentra en la zona.

Los componentes de este tipo litológico están representados por cuarzo, plagioclasa de composición general albíta media (aunque puede llegar hasta andesina media), ortosa peritítica, y escasas biotita y muscovita. Entre los accesorios se distinguen apatita, circón, topacio, fluorita y casiterita.

Los granitos pueden presentar alteración a sericita, arcilla y cuarzo, la cual reemplaza masivamente a la roca o bien a los feldespatos y cuarzo primarios. Esporádicamente la alteración da como resultados greisenes, que poseen la asociación cuarzo - sericita - arcilla, con abundante proporción de los accesorios citados anteriormente.

### 2 - Faja ultrabásica

La faja ultrabásica (Villar, 1972, 1973, 1974, 1975) es un cuerpo vetiforme que se extiende entre los  $27^{\circ}49'$  y  $27^{\circ}65'$  de latitud sur, y  $67^{\circ}33'$  y  $67^{\circ}28'$  de longitud oeste. Tiene una longitud de 12 a 15 km y un ancho máximo de 300 m. Esta faja concordante tiene un rumbo N  $60^{\circ}$  W e inclina entre  $60^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  al sudoeste.

### I - Composición

La faja ultrabásica es de composición predominantemente serpentínica. Las rocas no serpentinizadas observadas son: dunitas, harzburgitas y enstatolitas, que hasta el presente constituyen una fracción menor dentro de la faja misma.

#### a - Dunitas

Las dunitas son cumulos de olivina ( $Fo_{95}$ ) equigranu-

lares, constituídos por individuos subhedrales alargados de tipo carozo; como variación, estas rocas pasan a zonas donde presentan escasa enstatita ( $Fs_{15}$ ). Este tipo de roca, que como todas las dunitas presenta tendencias protoclasticas, fue observado en la zona del Portezuelo del Viento en el cuerpo que aflora al sudoeste del Cerro El Aspero.

#### b - Harzburgitas

Las harzburgitas de la faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá muestran siempre algún porcentaje de serpentización. Están constituídas por forsterita ( $Fa_{5-10}$ ), enstatita ( $Fs_{15}$ ), cromita y serpentina. Sus texturas características son simultáneamente porfíricas y glomeroporfíricas, en matriz dunítica con escasa enstatita.

El carácter porfírico está dado por la presencia de grandes fenocristales de enstatita, y el glomeroporfírico por la existencia de glomérulos constituídos por enstatita, escasa forsterita y cromita, o por enstatita y cromita, asociados en forma cumular; la textura de estos glomérulos es adcumular.

La matriz de la roca está constituída por individuos de forsterita de tamaño mediano algo serpentinizados y muy escasa enstatita.

La serpentización en las harzburgitas afecta generalmente a la olivina, en especial a la de la matriz.

Los fenocristales de enstatita se destacan por su gran tamaño y por la ausencia de serpentización. Sus extinciones fragmentosas, la deformación de la matriz dunítica serpentizada en forma concordante con el borde de los fenocristales, y el hecho de que las fibras de crisotilo de la matriz se encuentran elongadas envolviendo a los fenocristales, parecen permitir inferir la posibilidad de que los mismos sean de formación posterior a la de los glomérulos adcumulares y producto de intercambio metasomático entre el liquidus y el solidus durante la cristalización magmática.

La secuencia en la cristalización de la harzburgita es la siguiente:

1) Formación simultánea de glomérulos adcumulares de forsterita - enstatita - cromita segregados de la matriz dunítica escasamente enstatítica.

2) Formación de glomérulos de enstatita - cromita segregados de las dos facies anteriores.

3) Serpentización parcial de la matriz coetáneamente con la cristalización de fenocristales de enstatita (estos últimos formados por algún tipo metasomático de intercambio magmático).

#### c - Enstatolitas

Las enstatolitas son segregaciones de las harzburgitas

y se han observado en la zona de la Quebrada de Agua Verde formando zonas veniformes o lentiformes de tamaño microscópico.

#### d - Fenocristales de enstatita

Es común encontrar en las serpentinitas fenocristales de enstatita frescos, u observar serpentinitas con fenocristales de enstatita totalmente serpentinizados durante la etapa póstuma de los distintos procesos de serpentización. La presencia de esta fenocristalización confirma en estos casos lo expresado respecto a su génesis para las harzburgitas permitiendo considerar otros orígenes. Los fenocristales de enstatita son producidos durante una etapa póstuma de la cristalización magmática (facies no hidratadas), durante una etapa póstuma quizás coetánea con algún proceso de serpentización por intercambio metasomático entre el liquidus y el solidus magmático, o provienen de la recristalización de la serpentina debido a un aumento de temperatura y presión.

## II - Mineralización

La mineralización de las rocas ultrabásicas está representada por:

### Magnetita

Es el mineral que se observa en mayor proporción; supera en cantidad a las otras menas existentes. La forma más común de presentarse en las serpentinitas es la arborescente ó como filamentos o manchones irregulares, pudiendo encontrarse también diseminada pero en menor cantidad. En este último caso, algunos granos presentan martitización regular e irregular, producto de meteorización.

Este mineral es predominantemente producto de la serpentización de silicatos ferromagnesianos.

Algunas magnetitas poseen desmezclas de ilmenita en forma de tabillas, dispuestas paralelamente en los granos como producto de exsolución.

### Cromita

Se han observado dos tipos de cromita: una zonal y otra homogénea. En ambas la forma de los granos es idiomorfa o alotriomorfa.

La cromita zonal presenta dos zonas bien diferenciadas: una central magnesiánica y otra concéntrica ferrífera. Constituye agregados que en algunas secciones se encuentran intercrecidos con magnetita, que aparece en forma de microvenillas transgrediendo el borde de los individuos de cromita.

La cromita homogénea aparece en masas o bien comúnmente en granos aislados en la ganga.

El producto final de alteración de cromita es magneti

ta o ilmenita, y el tamaño de grano oscila entre 400 micrones y 1 mm.

La cromita se considera como un mineral principal o accesorio, pero de presencia conspicua en todas las rocas de la faja de la Sierra de Fiambalá.

Es uno de los productos que cristalizan primero dentro del proceso de segregación magmática.

#### Oro nativo

Se encuentra diseminado como chispas de 18 - 20 micrones y en escasa proporción.

#### Awaruíta y heazlewoodita

La awaruíta posee un color blanco metálico; es dúctil y tiene un alto poder de reflexión. Es más blanca y más reflectiva que la pentlandita.

La heazlewoodita posee leve anisotropía verdosa, poder reflector más alto que la pentlandita y más bajo que la awaruíta. Su reflexión es comparable a la de la pirita. Se la observa generalmente asociada a pentlandita y awaruíta.

Tanto la awaruíta como la heazlewoodita se presentan en pequeños granos no mayores de 20 micrones. Generalmente aparecen en muestras con magnetita.

La concentración del exceso de hierro proveniente de la serpentización en los demás minerales opacos (magnetita, cromita, pentlandita) aumenta la relación níquel - hierro en la parte líquida del magma dando lugar a la formación de awaruíta y heazlewoodita.

La awaruíta y la heazlewoodita se presentan en rocas serpentínicas, donde comienza a formarse magnetita arborescente y filamentosa.

#### Espinel y Pentlandita

Estos minerales son compiscuos de las asociaciones mineralógicas de las rocas ultrabásicas de Fiambalá; la pentlandita es escasa en relación al espinel.

#### Ilmenita

Se ha observado ilmenita intercrecida con magnetita. La ilmenita puede presentarse en forma irregular o en tablillas.

Es un mineral común en las rocas ultrabásicas, y está originado por segregación magmática.

### III - Texturas

La magnetita aparece en su típica forma arborescente, diseminada, en manchones irregulares o en cuerpos filiformes dentro de la cromita.

La cromita forma agregados irregulares que presentan esporádicamente inclusiones pequeñas de calcopirita o magnetii

ta.

En general las texturas son de exsolución, y las fluctuaciones en la composición del liquidus en el magma dan lugar a las cromitas zonales.

En los cristales de cromita se observan fracturas producidas por movimientos internos en la masa magmática; las fracturas favorecieron la penetración de los componentes aún líquidos (magnetita) que aparecen cristalizados en venillas.

#### IV - Sucesión paragenética

Teniendo en cuenta que la cromita es el primer mineral que precipita en el magma, el diagrama paragenético es el siguiente:

cr  
mg  
Au  
pent  
awa  
heaz

La temperatura de formación de estos minerales se considera comprendida entre 400°C y 500°C.

#### 3 - Basaltos ultramáficos alcalinos

Estos basaltos (Villar, 1975 a) forman filones capa verticales a subverticales. Aparecen preferentemente alojados en los contactos de la faja ultrabásica o intercalados en la misma. Muestran estructuras variolíticas o clásticas, y son amigdaloides.

Están constituidos por crisolita, titanaugita, labradorita, augita, analcima, katoforita, apatita, magnetita, hematita, pirrotina, calcopirita, marcasita y minerales del grupo de la awaruíta.

Químicamente se caracterizan por ser pobres en sílice y ricos en alúmina y álcalis.

#### 4 - Basamento metamórfico de alto grado

##### Introducción

El basamento metamórfico asociado a la faja ultrabásica está constituido por granolitas de la zona regional de hipersteno (Winkler; granulitas según Turner y Verhoogen) y granoblastitas.

La serie metamórfica presenta características estrechamente relacionadas a las descritas por Winkler (1974), razón por la cual se sigue la nomenclatura de este autor.

#### 4 a - Granolitas de la zona regional de hipersteno

Las granolitas de las cajas de la faja ultrabásica per

tenecen a la zona regional de hipersteno (Winkler, 1974), subzona de hipersteno - plagioclasa y subzona de clinopiroxeno - granate - cuarzo.

#### Subzona de hipersteno - plagioclasa

Son rocas de textura granoblástica inequigranular poligonal, localmente interlobada; en general presentan bandeado difuso por distinta concentración de minerales.

Están constituidas por labradorita media imperfectamente maclada según albita - Carlsbad y periclino, a veces reemplazada por sericita bien desarrollada; hipersteno, cuyo  $2V$  ( - ) fluctúa entre  $59^\circ$  y  $66^\circ$ , presente en una proporción no mayor del 15 %; diópsido, con  $2V$  ( + ) =  $50^\circ$ , y  $\delta : c = 39^\circ$ , (ver Figura 3); hornblenda parda, verde, incolora o verde pálido, ya sea producto de uralitización o primaria; biotita primaria, con pleocroísmo  $\alpha$  = pardo amarillento claro,  $\delta$  = pardo rojizo oscuro o pardo anaranjado oscuro.

La asociación de la subzona de hipersteno - plagioclasa para el basamento de la Sierra de Fiambalá se ubica dentro del diagrama AQP de Winkler (1974) en el campo de las granolitas piroclásicas hipersténicas. (ver Figura 1).

#### Subzona clinopiroxeno - granate - cuarzo

Presentan textura granoblástica inequigranular poligonal a interlobada; algunas poseen textura flaser. Los componentes muestran un notable bandeado fino dado por distintas asociaciones de los mismos.

Estas granolitas están constituidas por:

1) granate (grosularia), que puede presentar frecuentemente marcada zonalidad y una fuerte anisotropía, (ver Figura 2), en cuyo caso el mineral da una figura biáxica positiva con un  $2V$  estimado de  $45^\circ$ ; suele mostrar carácter poikiloblástico respecto del piroxeno.

2) clinopiroxeno (diópsido), que exhibe carácter poikiloblástico respecto de los feldespatos; a veces forma porfiroblastos.

3) plagioclasa, variable en composición entre andesina media y labradorita sódica, con maclas de albita - Carlsbad y periclino, que pueden estar ausentes; en algunas muestras se encuentra reemplazada por escapolita y calcita o bien por sericita y arcilla.

Son parte de la asociación citada, pero pueden estar ausentes, los siguientes minerales:

4) cuarzo límpido

5) feldespato potásico, por lo general ortosa, a veces pertítica.

6) albita generalmente sin maclas.

7) wollastonita; cuando está presente, la plagioclasa es sódica. El calcio aparece concentrado en la wollastonita y ausente en la plagioclasa.

8) escapolita; este mineral es conspicuo en las asociaciones; forma bandas monominerales y venas transgresivas, o bien puede reemplazar al resto de los minerales. Estas dos últimas manifestaciones de la escapolita se deben a un proceso de escapolitización de esta zona metamórfica que puede también afectar parte de las rocas ultrabásicas. La escapolita transgresiva es un miembro intermedio de la serie marialita - meionita, razón por la cual su denominación mineralógica más apropiada es la de wernerita. Es probable que la escapolita formada por metamorfismo normal sea más rica en  $\text{CO}_2$  y Ca.

En cantidades menores se encuentran:

9) zoisita

10) tremolita, hornblenda verde, titanita, circón, apatita.

#### 4 b - Granoblastitas

Son granoblastitas las rocas de alto grado de la zona regional de hipersteno con asociaciones no diagnósticas (Winkler y Sen, 1973, en Winkler, 1974).

En la Sierra de Fiambalá se han determinado hasta el presente las siguientes asociaciones:

1) clinopiroxeno - plagioclasa - feldespato potásico + cuarzo + escapolita + wollastonita

Se trata de rocas de textura granoblástica inequigranular poligonal a interlobada, en general bandeadas por distinta concentración de minerales.

La mineralogía que caracteriza a estas rocas está representada por plagioclasa de composición oligoclasa cálcica a andesina media, a veces reemplazada por escapolita o por calcita; feldespato potásico peritítico; y clinopiroxeno (diópsido) a veces uralitizado a hornblenda verde. Acompañan a esta asociación escapolita, cuarzo, zoisita (en algunos casos en venillas), calcita, wollastonita, biotita, titanita y ocasionalmente apatita.

2) clinopiroxeno - plagioclasa - escapolita

Estas rocas poseen textura granoblástica inequigranular poligonal, que pasa localmente a interlobada, con un bandeado que obedece a distintas concentraciones de minerales.

Están compuestas por clinopiroxeno (diópsido); labradorita sódica a media con antipertitas y en general con abundante reemplazo por escapolita, sericita y calcita; escapolita en pequeñas proporciones; zoisita; apatita y titanita.

3) clinopiroxeno - plagioclasa - anfíbol

Presentan textura granoblástica inequigranular poligo-

nal a interlobada. Algunas exhiben textura porfiroblástica, carácter dado por el clinopiroxeno. Por lo general se observa un bandeado dado por distinta concentración de minerales.

Están constituidas por clinopiroxeno (diópsido), que pasa a una hornblenda pardo clara a pardo verdosa; plagioclasa labradorita media, que esporádicamente varía a andesina cálcica; hornblenda primaria similar a la de uralitización; cuarzo; tremolita; titanita; circonio y apatita.

Estas rocas pueden tener el aspecto de verdaderos gabros, por lo que son citadas generalmente en la literatura como pseudogabros.

#### 4) clinopiroxeno - plagioclasa + biotita

Se trata de rocas con textura granoblástica inequigranular poligonal a interlobada. En algunos casos la textura es porfiroblástica, carácter dado por el piroxeno. Presentan bandeado por distintas concentraciones de minerales.

Los minerales de esta asociación son clinopiroxeno (diópsido); andesina media a cálcica; y escasa biotita siempre muy alterada a clorita o epidoto. Aparece apatita en cantidades accesorias.

Esta asociación, similar a la 3), se caracteriza por una mayor acidez del conjunto.

#### 5) cuarzo - feldespato potásico - plagioclasa - clinopiroxeno biotita

Es un conjunto de rocas de textura granoblástica inequigranular interlobada a poligonal.

Este conjunto está formado por cuarzo; feldespato potásico en muy abundante proporción (fundamentalmente microclino y menor cantidad de ortosa); andesina media; diópsido y biotita.

Esta asociación es de tipo netamente granítico.

En algunas muestras se observa escapolitización que progresa a través de venas irregulares.

### 5 - Basamento metamórfico de grado medio

Este basamento metamórfico está constituido por anfibolitas y sus pasajes a metamorfitas de facies de alto grado.

#### 5 a - Anfibolitas

Son rocas de textura granonematoblástica a nematogranoblástica.

La hornblenda presenta colores máximos de absorción pardo verdoso, verde o pardo, en muchos casos muy claros hasta incolora. Las variedades más coloreadas presentan fuerte pleocroísmo. Se observa el pasaje de hornblenda a tremolita, o bien a clorita y epidoto. Forma entre el 40 y 70 % de la roca. La plagioclasa, de composición variable, fluctúa entre andesina media y labradorita media, predominando esta última; es frecuente observar escasas maclas de albita - Carlsbad muy

difusas y defectuosas, y en algunos casos de periclino; puede presentar reemplazo parcial por sericita y arcilla, y a veces por escapolita.

Algunas anfibolitas tienen muy escasa cantidad de cuarzo, biotita, granate birrefringente (grosularia), apatita, circón y minerales opacos.

#### 5 b - Anfibolitas pasaje a granoblastitas con clinopiroxeno

Dentro de este conjunto se ubican las anfibolitas con clinopiroxeno (diópsido) en proporciones variables entre 5 y 20% del total de la roca; es característica notable la ausencia total de cuarzo o bien una proporción del mismo no mayor del 5 %.

Las texturas son granoblásticas inequigranulares poligonales a interlobadas.

La presencia de clinopiroxeno indica el pasaje según Winkler (1974) de la facies de grado mediano a la de grado alto.

En algunas muestras se advierte la uralitización del clinopiroxeno a un anfíbol semejante al primario que forma la roca.

#### 5 c - Anfibolitas pasaje a granoblastitas con ortopiroxeno

Este grupo es muy similar al anteriormente descrito, excepto el piroxeno, que es un hipersteno; éste se presenta en proporciones variables entre 5 y 40 %, a veces uralitizado. Acompañando a la asociación se observa escasa biotita.

#### 5 d - Gneises

Son rocas de textura porfiroblástica, carácter dado por plagioclasa y/o feldespato potásico y/o cuarzo y/o anfíbol y/o granate.

La composición general fluctúa entre tonalítica y granítica.

Aparecen intercalados en el basamento de alto grado en forma de lentes.

Están constituídos por andesina maclada según la ley de albita - Carlsbad y presentan alteración sericítica; feldespato potásico determinado como ortosa; biotita en general muy alterada a clorita y epidoto, o a clorita y calcita; cuarzo; granate y muy escasa muscovita. Los accesorios son apatita, circón y allanita.

El escaso anfíbol presente no se pudo identificar dada su alteración a clorita y epidoto. Aparece también biotita secundaria de grano fino producida por metamorfismo térmico.

#### 6 - Granitos lato sensu

A diferencia de los granitos tratados en el ítem 1, los granitos concordantes aparecen en pequeños cuerpos de un tama-

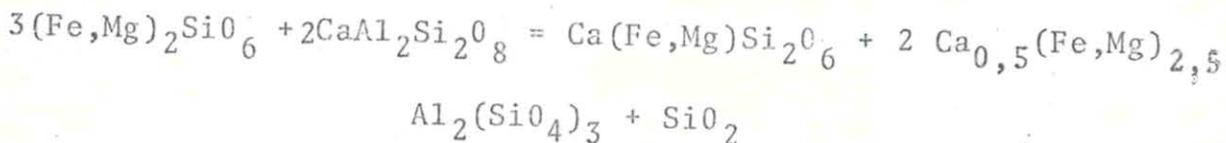
ño máximo de 50 m de ancho por 150 m de largo.

La textura es granosa inequigranular hipidiomorfa, y entre los componentes se distinguen cuarzo y microclino peritico. En algunos casos el microclino forma megacristales.

Existen otros cuerpos de composición diorítica, con an desina media y biotita, más apatita accesoria.

### CONCLUSIONES

- 1) En la Sierra de Fiambalá existe una escama de basamento metamórfico perteneciente a la zona regional de hipersteno (facies granulita), subzonas de hipersteno-plagioclasa y clinopiroxeno - granate - cuarzo, y un conjunto de granoblastitas, incluidos pseudogabros.
- 2) Las rocas de la zona regional de hipersteno pasan localmente en las dos áreas estudiadas en detalle (ver Mapa 2) a rocas de la zona de grado mediano (facies anfibolita, subfacies sillimanita - almandino - ortosa).
- 3) La naturaleza de estas rocas es eminentemente básica.
- 4) Las rocas de la zona regional de hipersteno entran en la zona de las granulitas piroclásicas hipersténicas en el diagrama AQP de Winkler (1974) (Ver Figura. 1).
- 5) El paleoconjunto inferido de la composición de las granulitas, anfibolitas y gneises estuvo formado por rocas básicas, con intercalaciones de areniscas, rocas pelíticas y facies calcáreas.
- 6) De acuerdo a De Waard (1965, en Winkler, 1974), "la asociación ortopiroxeno más plagioclasa se vuelve inestable si la presión de carga excede un valor particular a temperatura constante. Los dos minerales reaccionan para producir clinopiroxeno + grosularia + cuarzo:



Esta reacción es continua dentro de un cierto rango de condiciones físicas. Luego, durante una etapa transicional, coexisten ambos: reactivos y productos". Esto es exactamente lo observado en la zona regional de hipersteno (facies granulita) en la Sierra de Fiambalá.

"Eventualmente las mismas asociaciones minerales clinopiroxeno + granate + cuarzo + plagioclasa o hipersteno se vuelven estables. La subzona de clinopiroxeno - granate - cuarzo representa la de mayor presión dentro de la zona regional de hipersteno. En rocas de la etapa transicional pueden estar presentes hornblenda y biotita". Esto también ha sido observado.

- 7) La temperatura determinada experimentalmente para la zona regional de hipersteno es de  $700^{\circ}\text{C}$ ; a esta temperatura, la presión para estabilizar la asociación de cinco fases (clinopiroxeno + granate + cuarzo + hipersteno + plagioclasa) es de 8 a 10 kb, equivalente a una profundidad de 40 km.
- 8) Tales presiones pueden dar lugar a la formación de eclogitas. Estas rocas, que presentan la asociación clinopiroxeno - granate, bien pudieran estar presentes en la escama de alto grado de la Sierra de Fiambalá, ya que se han encontrado hasta ahora piroxenitas metamórficas intercaladas en las series anteriormente mencionadas.
- 9) En las zonas estudiadas en detalle que permitieron caracterizar el basamento de alto grado pudo constatar que la faja ultrabásica está alojada concordantemente al basamento en una zona de falla de rumbo, la cual separa la subzona de hipersteno - plagioclasa ubicada al noreste de la misma de la de clinopiroxeno - granate - cuarzo ubicada al sudoeste, aunque en la subzona de hipersteno - plagioclasa pueden observarse pasajes locales de una a otra subzona.
- 10) La génesis de esta diferencia subzonal a ambos lados de la faja ultrabásica está dada por una mayor presión hidrostática de formación en el lado sudoeste de la misma. Ciertas paragénesis del conjunto metamórfico que aparecen al sudoeste de la faja, tales como clinopiroxeno - plagioclasa - escapolita, confirman que parte de la neta separación de las dos subzonas se debe a una diferencia de las series que formaron el paleoconjunto, de lo cual se infiere que la falla (esencialmente profunda) en la cual se aloja la faja ultrabásica afectó al mismo.
- 11) La subzona de clinopiroxeno - granate - cuarzo está afectada por dos procesos metasomáticos: escapolitización y carbonatización, que fueron producidos por aportes de  $\text{Cl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , los cuales acompañaron póstumamente al magmatismo ultrabásico, o al emplazamiento de granitos y dioritas concordantes.
- 12) Aunque la escama de basamento de alto grado se encuentra aún en investigación, es posible señalar una serie de eventos geológicos que integran su esquema:
- La primitiva existencia de un paleoconjunto de rocas sedimentarias afectado por una falla de tipo fundamental (de rumbo) que a grandes profundidades (catazona de Grubenmann) se metamorfizó en condiciones de presión y temperatura propias de la zona regional de hipersteno (facies granulitas).
- Esta falla de tipo fundamental permitió el ascenso de parte del manto peridotítico, es decir de la faja ultrabásica y de basaltos ultramáficos alcalinos, que aparentemente se emplazaron hacia el final de la cristalización del magma ultrabásico, inmediatamente antes de la finalización de la serpentinización. Esto se infiere de que en algunos lugares los basaltos están atravesados por venillas de crisotilo.
- Parece ser que la intrusión de la faja ultrabásica debe

ser coetánea con la finalización del metamorfismo regional o posterior al mismo.

Posteriormente a estos eventos se produce la escapolitización y carbonatización metasomáticas y la intrusión de los granitos concordantes, dato sensu que por su deformación indican ser posteriores.

Cabe señalar que la falla que separa las subzonas y aloja la faja ultrabásica es una línea de actividad tectónico magmática prolongada a lo largo de un gran período de tiempo.

Las dataciones Ar/K realizadas por el INGEIS se ven obstaculizadas por la carencia de potasio tanto en las rocas ultrabásicas como en las metamórficas y los basaltos; no obstante, las micas de cromo de la faja ultrabásica permitieron datar algunas de las serpentinas en el Paleozoico inferior, mientras las granolitas parecen ser mucho más viejas, lo que confirmaría la secuencia del esquema expuesto.

13) Los granitos discordantes que han sido considerados en el punto 1 de este trabajo están relacionados con esta escama de la catazona, aunque su trayectoria geológica dentro del contexto no haya sido aún esclarecida.

14) Este basamento granolítico está restringido aparentemente a una estrecha lengua ascendida por fallas que lo limitan por el noroeste y sudoeste dando una estructura tipo horst.

15) La asociación granolita - basalto ha sido considerada por Fyfe y Leonardos (1973) en relación con la aparición de anomalías térmicas que produjeron límites divergentes de placas. Existe la posibilidad que la misma falla de tipo fundamental que alojó la faja ultrabásica haya estado acompañada de una anomalía térmica que granulitizó el paleoconjunto y permitió la penetración y diferenciación del manto (peridotitas y basaltos).

La relación entre esta escama de alto grado y su magmatismo ultrabásico con una juntura de placas es difícil de dilucidar.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las determinaciones de Rayos X a las Dras. Milka de Brodtkorb, Silvia Ametrano y Eva Donnari, la interpretación fotogelológica al Dr. Víctor Ramos, y las determinaciones calcográficas a la Dra. Milka de Brodtkorb.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ALCANTARA, P.F. - 1972 - Informe final de los Mosaicos 23: B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>. Sierra de Fiambalá. Plan NOA Geológico Minero (Tucumán). Inédito.
- CRAVERO, O.V. - 1974 - Estudios geológico - mineros: Mina Vil Achay. Plan NOA Geológico Minero (Tucumán). Inédito.

- FYFE, W.S. - and LEONARDOS, G.H. - 1973 - Ancient metamorphic - migmatite belts of the Brazilian African coasts. Nature. Vol. 244. August 24. Pág. 501 - 502.
- GONZALEZ BONGRINO, F. - 1972 - Descripción geológica de la Hoja 13 c. Fiambalá. Dirección Nacional de Geología y Minería Boletín N°127.
- TEZON, R.V. y FERNANDEZ LIMA, J.C.R. - 1949 - Geología económica de la Hoja 13 c. Distrito Los Arboles - Los Ratones, Dep. de Tinogasta, Prov. de Catamarca. Dirección Nacional de Minería, Buenos Aires. Inédito.
- TURNER, F.J. and VERHOOGEN, J. - 1960 - Igneous and metamorphic petrology. Mc GRAW, Hill.
- VILLAR, L.M. - 1969 - Los cuerpos ultrabásicos de la Mesada de los Zárate y la Quebrada del Salto. DNGM. Carpeta 291.
- VILLAR, L.M. - 1970 - La faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca, República Argentina. Simposio del Manto Superior. Buenos Aires.
- VILLAR, L.M. - 1972 - La faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá y la prospección orientativa de níquel. S.N.M.G. Carpeta 736.
- VILLAR, L.M. - 1973 - Prospección orientativa de níquel, cromo y cobalto en la faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. Asoc. Arg. de Mineral, Petrol. y Sedim. Tomo IV. N° 1 - 2. Pág. 1 - 10.
- VILLAR, L.M. - 1973 - 1974 - Prospección de níquel en la faja ultrabásica de la Sierra de Fiambalá. S.N.M.G. Carpeta 512.
- VILLAR, L.M. - 1975 a - Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado paragenético. - II° Congreso Ibero - Americano de Geología Económica. Tomo III. Pág. 135 - 155. Buenos Aires, Argentina.
- VILLAR, L.M. - 1975 b - Los basaltos alcalinos de la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca. En Prensa.
- WINKLER, H.G.F. - 1974 - Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer - Verlag Berlin - Heidelberg - New York.

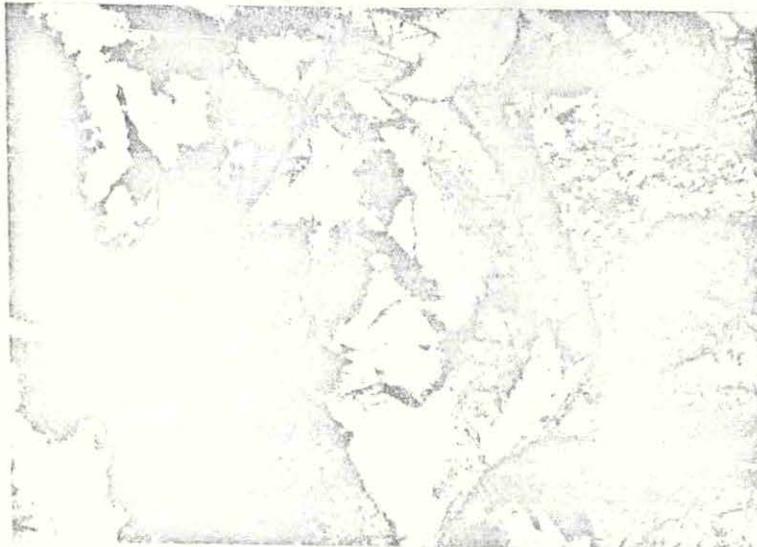


Figura 2 - Granolita de la subzona clinopiroxeno - granate - cuarzo. Con nicoles cruzadas. x 63

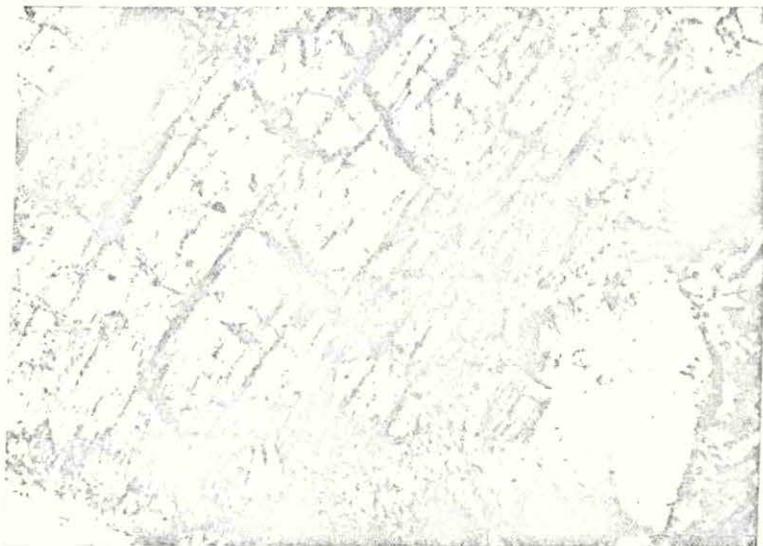


Figura 3 - Granolita de la subzona hipersteno - plagioclasa. Con nicoles cruzados. x 63