

RECONSIDERACIONES GEOLOGICAS SOBRE EL COMPLEJO ULTRABASICO DE
NOVILLO MUERTO Y
SU MINERALIZACION ASOCIADA
CORDILLERA FRONTAL DE MENDOZA-ARGENTINA

por

Luisa María VILLAR (*), Eva DONNARI (**) y con la colaboración de Henry MEYER(***)

(*) Servicio Minero Nacional (Argentina) - CONICET

(**) Servicio Minero Nacional (Argentina)

(***) Department of Geosciences, Purdue University Indiana - U.S.A.

PALABRAS CLAVES

Rocas ultrabásicas, dunita, harzburgita, wherlita, pentlandita, espinelo.

RESUMEN

El Complejo Ultrabásico de Novillo Muerto está constituido por: dunitas, harzburgitas, wherlitas, diopsiditas, diopsiditas pegmatíticas, serpentinitas y rocas parcialmente serpentinizadas en escasa cantidad. Es zonal y diferenciado.

En forma diseminada en todo el complejo se observa la siguiente mineralización: magnetita, cromita, espinelos zonales, pentlandita, pirrotina, mackinawita, valleriita, millerita e ilmenita.

La petrografía, texturas y mineralogía indican un origen magmático de alta temperatura.

Una mineralización de magnetita arborescente está originada por una serpentización incipiente.

La meteorización es escasa y da origen a la formación de bravoita-violarita y marcasita-pirita como alteraciones de pentlandita y pirrotina respectivamente.

ABSTRACT

The Novillo Muerto Ultrabasic Complex is constituted by dunites, harzburgites, wherlites, diopsidites, pegmatitic diopsidites, serpentinites, and partially serpentized rocks in scarce quantity. It is a zonal differentiated complex.

The ore minerals disseminated through the complex are: magnetite, chromite, zonal spinels, pentlandite, pyrrhothite, mackinawites, valleriite, millerite and ilmenite.

The petrographyc textures and mineralogy are indicative of a high temperature magmatic origin.

There is a mineralization of arborescent magnetite originated by an incipient serpentization.

As a result of incipient meteorization, bravoite-violarite, and marcasite-pyrite are developed as alterations of pentlandite and pyrrhothite respectively.

INTRODUCCION

El Complejo Ultrabásico de Novillo Muerto se aloja en el Complejo Metamórfico del Bloque Variscico de la Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina (Polanski, 1958). Aflora en las adyacencias de la zona pedemontana del mismo (ver mapa 1); representa el extremo norte del tramo sur de la Faja Ultrabásica de la Cordillera Frontal que comienza en el cerro Portillo (Villar, 1975); abarca una superficie de 3 km². Está formado por varias lentes de composición ultrabásica la mayor de las cuales tiene forma de boomerang, alcanza 1,5 km en cada ala y 500 m de ancho máximo en el vértice (ver mapa 2). Separados por septos de metamorfitas se encuentran asomos menores como el que aflora paralelamente al borde superior del cuerpo principal a partir del Real de las Toscas. Otros dos asomos forman una estructura sinclinal ya publicada que aparece en los flancos norte y sur del cerro Alto

(ver mapa 2), (Villar, 1969).

Los cuerpos son concordantes, el principal parece estar alojado en el seno de un pliegue acostado, el plunging de cuyo eje parece ser vertical.

Las metamorfitas en las cuales se aloja el Complejo son: esquistos cuarzo-biotítico-sillimaníticos y cuarzo-biotítico-granatíferos, facies almandino-anfibolita-subfacies sillimanita-almandino muscovita, inyectados por microclino; también esquistos cuarzo-albítico-epidótico-actinolíticos de la facies esquistos verdes, subfacies cuarzo-albita-epidoto-biotita. En los contactos se observan lentes de migmatitas originadas por inyección difusa de plagioclasa (Villar, 1969).

En la descripción del Complejo publicada en 1968 se detallan las zonas de diferenciación metamórfica (Villar, 1969) que al ser anteriores a la manifestación silicotermal del metamorfismo regional, indican que los cuerpos ultrabásicos están alojados previa o sincrónicamente con el mismo.

El metamorfismo regional no ha afectado a las rocas de este Complejo Ultrabásico formado esencialmente por dunitas, wherlitas, harzburgitas, carbonatitas, diopsiditas y escasas serpentinitas. Parte de las diopsiditas corresponden a facies pegmatíticas. Este Complejo zonal y diferenciado contiene la siguiente mineralización: magnetita, cromita, espinelos zonales, pentlandita, pirrotina, mackinawita, valleriita, millerita e ilmenita. Como minerales de alteración se encuentran: bravoita-violarita y marcasita-pirita.

ROCAS ULTRABÁSICAS DEL COMPLEJO DE NOVILLO MUERTO

El conjunto de rocas ultrabásicas que constituyen el Complejo de Novillo Muerto está formado por: dunitas, harzburgitas, wherlitas, diopsiditas, carbonatitas y serpentinitas.

Dunitas

Las dunitas son rocas de textura típicamente cumular con escaso material intersticial; forman verdaderos cumulatos; el tamaño de grano varía entre medio y micropegmatóideo. Se presentan como variaciones de milímetros, centímetros y aún metros, intercaladas en las harzburgitas que se ubican en la zona del cerro Caído, (ver mapa 2). También como diferencias en la facies wherlíticas que predomina en todo el complejo; constituyen bandas silicáticas de escasos milímetros en las carbonatitas.

Las dunitas halladas en perfiles del cerro Caído son muy representativas, están formadas por forsterita (Fs_{5-10} que puede variar a Fs_{13}) en proporciones que fluctúan entre 86 y 90 %; en cantidades accesorias se observan brucita intersticial y opacos.

En ocasiones pueden presentarse más o menos tremolitizadas.

Harzburgitas

Las Harzburgitas están constituidas por forsterita y enstatita muy magnésiana. Son rocas de reacción en las cuales el ortopiroxeno proviene de la transformación de la olivina (ya sea cumular de grano fino o, micropegmatóideo).

El ortopiroxeno de reacción presenta hábitos fibroradiados, pseudocumulares, prismáticos, elongados o puede aparecer incluido en una matrix microfibrosa de serpentina que ha transformado a la olivina.

Los agregados pseudocumulares de enstatita pueden presentar restos de individuos de olivina. En algunas muestras la olivina, ha reaccionado para dar agregados granosos panalotriomorfos pseudocumulares de enstatita; en estos casos el ortopiroxeno presenta un cribado típico.

La proporción de ortopiroxeno en las harzburgitas es muy variable, entre 10 y 95 %; cuando alcanza este último porcentaje forma las enstatolitas que por lo general corresponden a con

Concentraciones no muy conspicuas de cristales de enstatita. Esta se caracteriza por no presentar ninguna alteración de tipo autometamórfico. (la enstatita permanece fresca en rocas donde la olivina se encuentra totalmente serpentizada), excepto su transformación a flogopita con reabsorción del espinelo accesorio.

Las harzburgitas pueden presentar brucita y opacos, y la forsterita, en las mismas, estar más o menos tremolitizada.

Este tipo de rocas se produce por la reacción de la forsterita con la sílice del liquidus en el sistema binario forsterita-sílice.

La enstatita puede formar bandas de enstatolita tanto en harzburgitas como en las serpentinitas provenientes de éstas, donde se encuentra totalmente fresca.

Estas rocas predominan en el filo del cerro Caído donde quizá formen un "plug", y en el ala este-noreste del cuerpo principal donde están intercaladas entre serpentinitas y wherlitas (ver mapa 2).

Wherlitas y diopsiditas

Las wherlitas constituyen un grupo en el cual pueden distinguirse las dunitas wherlíticas, las wherlitas y las wherlitas diopsidíticas.

Las dunitas wherlíticas son rocas de textura cumular que pueden llegar a ser micropegmatoides; están constituidas por forsterita (85 a 90 %), diópsido ($Di_{95}Ho_5$) pueden presentar escasa tremolita; el diópsido, tremolita y opacos pueden formar entre 10 y 15 % de la roca. Estas wherlitas pasan de dunitas con escaso diópsido intersticial más fino que la olivina asociada, a tipos porfíricos, constituidos por grandes fenocristales de forsterita y una especie de matrix de diópsido formada además por brucita y tremolita. Aparentemente pueden intercalarse con algunas harzburgitas y carbonatitas en el ala ENE del cuerpo principal y en la zona del cerro Caído.

Las wherlitas menos comunes presentan texturas cumulares, carecen de relaciones porfíricas entre la forsterita y el diópsido; en éstas, esos componentes forman 45 y 45 % de la roca respectivamente y sus proporciones varían hasta 35 y 75 % respectivamente, excluyendo los minerales opacos; estas rocas aparecen en el ala del cuerpo principal oeste-sudoeste.

Las wherlitas diopsidíticas tienen tendencias micropegmatoides y contienen pegmatitas diopsidíticas. Son también cumulares. Pueden presentar hasta casi un 80 a 95 % de diópsido y un 5 a 8 % de olivina englobada en el mismo. Están constituidas por megacristales de diópsido. Este, al alcanzar dimensiones pegmatíticas presentando hasta 20 cm de longitud, forma diopsiditas. Las diopsiditas aparecen en nódulos pegmatoides o lentes formados por agregados de cristales de diópsido ($Di_{100} - He_0$).

Estas wherlitas diopsidíticas y sus pegmatitas predominan en los contactos superiores del ala sud-sudoeste del cuerpo principal de Novillo Muerto y en los cuerpos del cerro Alto.

Carbonatitas

Se definen como carbonatitas un conjunto de rocas bandeadas constituidas por bandas de calcita, manganocalcita o dolomita (esta última en escasa cantidad) alternantes con otras de silicatos que tienen la composición de las rocas ya descritas. Estas últimas pueden estar formadas por dunitas de textura cumular, wherlitas ricas en diópsido con textura cumular o diopsiditas. Existen otras carbonatitas que son oficalcitas. Los carbonatos presentan textura sacaroidal, entre estos predomina la calcita. Los minerales accesorios son brucita y tremolita.

También se denominan carbonatitas las venas transgresivas de calcita espática que atravie-

San las wherlitas o dunitas en la región del vértice del cuerpo principal del Complejo de Novillo Muerto. La calcita aparece con carácter residual en las dunitas.

Las carbonatitas predominan en la zona del cerro Caído intercaladas con dunitas wherlíticas en esta área el carbonato suele fagocitar los diferenciados duniticos micropegmatoides dejando relictos de olivina isoorientados.

Serpentinitas y rocas parcialmente serpentinizadas

Las serpentinitas son en general escasas, pero las rocas parcialmente serpentinizadas son relativamente abundantes; en estas la serpentización es generalizada pero incipiente.

ZONALIDAD

El complejo presenta una zonalidad que muestra el siguiente esquema (ver mapa 2): en el ala este-noreste del cuerpo principal y centro del mismo existe una zona (facies) de harzburgitas con diferenciaciones de dunitas y enstatolitas. En este ala las harzburgitas aparecen intercaladas entre serpentinitas y wherlitas.

En el cerro Caído (ver mapa 2) entre la zona (facies) de harzburgitas y el contacto externo del boomerang que forma el cuerpo principal, así como en el ala oeste-sudoeste del mismo, predominan las wherlitas con diferenciaciones duniticas e intercalaciones de carbonatitas. En el ala oeste-sudoeste del cuerpo principal así como en los cuerpos del cerro Alto desaparecen las harzburgitas y se destaca la facies de wherlitas representada por wherlitas diopsidíticas.

Hacia los contactos superiores del ala oeste-sudoeste del cuerpo principal y cuerpos del cerro Alto asoman las diopsiditas pegmatíticas que no se encuentran en el resto del complejo.

Las serpentinitas afloran en los contactos internos del boomerang que forma el cuerpo principal y en zonas dentro de los cuerpos del cerro Alto.

En todo el complejo pueden observarse pasajes a wherlitas parcialmente serpentinizadas. Cabe destacar que mientras las ortopiroxenitas (enstatolitas) predominan en el cerro Caído las clinopiroxenitas (diopsiditas) lo hacen en el cerro Alto.

PROCESOS AUTOMETAMORFICOS

Los minerales secundarios hidratados del Complejo ultrabásico de Novillo Muerto son: tremolita, serpentinitas, cloritas y flogopita.

La brucita, mineral hidratado comunmente presente en todas las rocas es primaria, residual y tiende a cristalizar intercrecida con los opacos, ambos como elementos intercumulares primarios.

Los procesos que conducen a la formación de los minerales secundarios son: tremolitización, serpentización y flogopitización.

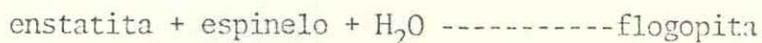
La tremolitización afecta esencialmente a la olivina, la tremolita la reemplaza en haces o soles en forma más o menos variable. La proporción en que la reemplaza puede llegar generalmente hasta 50 %.

Este anfíbol transforma exclusivamente a la olivina pero jamás a la enstatita de las harzburgitas ni al diópsido en las wherlitas. Esto implica que el proceso de uralitización no existe en los cuerpos de Novillo Muerto.

La brucita aparece tremolitizada en muy escasas rocas lo que confirma el carácter residual de la brucita junto al autometamórfico de la tremolita.

La serpentización total en el complejo es escasa; afecta principalmente a la olivina, en mucha menor escala al diópsido, pero jamás a la enstatita (este mineral suele aparecer como bandas o grupos de cristales radiados sin transformar dentro de las serpentinitas), ni a la tremolita; esta suele aparecer como haces o soles dentro de las escasas serpentinitas. Solo se ha observado una serpentinita donde el anfíbol aparece transformado en clorita.

Dentro de los procesos autometamórficos se destaca la flogopitización. La flogopita transforma a la enstatita de las harzburgitas reabsorbiendo los espinelos magnesianos que están asociados a los primitivos cristales del cumulado de olivina. La transformación implica la siguiente reacción:



Esta reacción no implica que todo el aluminio de la mica provenga de los espinelos previamente formados ya que la alúmina puede haber estado concentrada también en el liquidus del magma cristalizante.

La flogopita no es afectada por ningún proceso de transformación posterior y lo mismo que la tremolita y brucita se halla fresca en las serpentinitas.

La escasa serpentización se atribuye a la carencia de agua contenida en el magma madre del Complejo de Novillo Muerto.

Los procesos autometamórficos: tremolitización, serpentización, flogopitización son inconexos entre sí, no tienen relación unos con otros seguramente debido a la formación de diferentes sistemas de cristalización derivados no solamente de cambios de presión y temperatura sino de fluctuaciones en la fugacidad de oxígeno y otros gases.

También en cambios abruptos en la composición química del magma durante su cristalización; siempre y cuando las facies (zonas) que se observan en el Complejo de Novillo Muerto provengan de una sola intrusión y no de varias.

MINERALES OPACOS

El conjunto de rocas descritas presenta una fina disseminación de minerales opacos cuya proporción estimada no alcanza a superar el 3 % de la roca en las secciones pulidas observadas.

Los minerales primarios que se encuentran disseminados en mayor proporción en este complejo son: magnetita, cromita, espinelos zonales y pentlandita, observándose en menor cantidad pirrotina, mackinawita, valleriita, millerita e ilmenita.

Texturalmente estos minerales aparecen dispuestos en forma intersticial en posiciones intercumulares.

Derivada del proceso de serpentización se encuentra una segunda generación de magnetita de tipo arborescente o filiforme.

Por meteorización se forman bravoíta y/o violarita como alteración de pentlandita y, marcasita-pirita como alteración de pirrotina. La martitización es escasa al igual que la presencia de limonitas.

Magnetita

Está presente en todas las muestras estudiadas. Una primera generación de magnetita se encuentra en granos subidiomorfos con tamaños variables entre 30 micrones y 0,5 mm en forma intercumular, frecuentemente penetrada a través de los planos de clivaje de la brucita intersticial. Otra generación de magnetita se observa con textura arborescente y filiforme como producto de serpentización y caracteriza las rocas serpentizadas del complejo.

Por otro lado, también la magnetita forma pátinas y rellena fracturas en granos de pentlandita o cromita. Sólo escasos granos de magnetita se presentan levemente martitizados.

Espinelos zonales - Cromita

En menor cantidad que magnetita se encuentran otros espinelos diseminados en la mayoría de las secciones pulidas observadas.

Se hallan en granos redondeados parcialmente idiomorfos con tamaños que alcanzan hasta 0,5 mm, generalmente asociados a magnetita. Con frecuencia estos espinelos presentan variaciones en su coloración con zonas internas más oscuras pasando gradualmente a externas con mayor reflectividad, ricas en hierro (Ramdohr, 1980). En algunas muestras se observan granos de espinelos con tamaños próximos a 0,5 mm con un núcleo de color oscuro pasando con contactos netos a una zona periférica más clara correspondiente a una magnetita; (ver fig. 1), caso similar al descrito por Picot (1977, pág. 120). Otras veces se encuentran granos con variaciones composicionales más complejas intercrecidos con los minerales transparentes formadores de la roca (ver fig. 2).

Estas variaciones en la coloración evidencian cambios composicionales cuya determinación sólo es posible mediante estudios por microsonda no realizados hasta el presente. Por otra parte, se reconocen granos de espinelos sin zonación los cuales por sus propiedades ópticas corresponden a cromitas puras.

Pentlandita

Se halla en la mayor parte de las rocas del complejo. Aparece generalmente en granos individuales subidiomorfos o agregados alotriomorfos con tamaños no mayores a 0,5 mm. Frecuentemente se asocia a pirrotina formando bandas y como relleno intergranular entre granos subidiomorfos de este sulfuro. En algunos casos la pentlandita presenta finas desmezclas de mackinawita orientadas según direcciones octaédricas de la primera. Es común observar la típica alteración de pentlandita en bravoíta y/o violarita y reemplazos por magnetita a lo largo del clivaje octaédrico. La formación de bravoíta y/o violarita ocurre siguiendo grietas, fisuras y contactos entre granos de pentlandita. En las muestras observadas no fue posible establecer una diferenciación óptica precisa entre los sulfuros de níquel antes mencionados.

El análisis por microsonda de cinco granos de pentlandita (tres en una dunita y dos en una serpentinita) da como conclusión la existencia de una pentlandita rica en cobalto en la serpentinita y de otra normal en la dunita.

TABLA I

	Pentlandita Normal (dunita)					
	S	Fe	Ni	Co	Zn	Sb
Promedio en Peso %	34,71	34,82	29,92	0,35	0,09	0,06
Composición promedio	1,08	0,63	0,50	0,01		

TABLA II

Pentlandita rica en Cobalto (Serpentinita)

	S	Fe	Ni	Co	Mn	Zn	Ag
Promedio Peso %	33,69	25,10	31,96	8,21	0,02	0,04	0,07
Composición Promedio	1,05	0,45	0,54	0,14			

Existe un incremento del contenido de pentlandita en dunitas y wherlitas muestreadas en el filo del cerro Caído.

Pirrotina

Este sulfuro se encuentra en menor proporción que la pentlandita generalmente asociado a ella en granos subidiomorfos con la misma relación intercumular. Aparece también en grano individuales, redondeados, o forma finos bordes rodeando granos de minerales transparente. Su tamaño varía entre 20 y 300 micrones. En la mayoría de los casos los granos de pirrotina se encuentran en un estadio intermedio de alteración denominado "producto intermedio", pasando a marcasita o pirita (ver fig. 3). A veces aparece alterada por limonitas. Dadas estas características sería de interés analizar las pirrotinas por microsonda ante la posible existencia de cantidades anómalas de níquel o cobalto en las mismas.

Mackinawita

Es frecuente observar la presencia de finas desmezclas de mackinawita en pentlandita. Según Ramdohr la exsolución de mackinawita en pentlandita demuestra que el hierro es aceptado en la estructura de este último sulfuro en cantidades considerables y en altas temperaturas.

Valleriita

Aparece en forma intersticial, como halo alrededor de pentlandita, pirrotina o espinelos, a veces, reemplazando estos últimos parcialmente. (Ver fig. 4). También rodea minerales transparentes y constituye finas venillas alojadas en fibras de serpentina. En algunos casos se la encuentra en granos individuales con formas ovoidales y tamaños que varían entre 30 y 100 micrones.

Millerita

Este sulfuro es muy escaso. Se observa en granos subidiomorfos de 15 a 30 micrones de tamaño, siempre asociado a pentlandita, en contacto o atravesandola en venillas de escasos micrones (ver fig. 5). Se la reconoce de esta manera en serpentinitas, wherlitas y carbonatitas.

Ilmenita

Se halla en pequeña cantidad en granos subidiomorfos, a veces asociada a magnetita, en es casos cortes pulidos.

CONCLUSIONES

El complejo ultrabásico de Novillo Muerto es zonal y diferenciado. Está constituido por dunitas, harzburgitas, wherlitas, diopsiditas, carbonatitas, serpentinitas y pegmatitas diopsidíticas.

Presenta una zonalidad en la que se destaca la presencia de ortopiroxenitas en el cerro

Caído y clinopiroxenitas en el cerro Alto.

Se caracteriza por ser un complejo escasamente serpentizado lo cual indica escasa cantidad de agua en el magma madre.

Su zonalidad implica una cristalización in situ del magma.

El grupo de minerales opacos presentes en el complejo indican un origen magmático de alta temperatura.

Los análisis efectuados hasta el presente no evidencian la existencia de awaruita o heazlewoodita. La riqueza en níquel del magma madre favoreció la formación de pentlandita.

La distribución de los sulfuros es diseminada en todo el complejo principalmente en las dunitas, wherlitas y harzburgitas de la zona del cerro Caído.

La presencia de sulfuros níquelíferos en cantidades de hasta 3 % implica que el complejo de Novillo Muerto puede ser de interés económico. Por lo tanto es importante realizar una prospección geofísica y geoquímica por Níquel, Cobalto y Cromo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Milka K. de Brodtkorb por su asesoramiento y sugerencias en el estudio calcográfico. También al Dr. Paul Picot del Bureau de Recherches Géologiques et Minières de Orléans, por las enseñanzas que sirvieron para dilucidar problemas mineralógicos. Al Dr. Henry Meyer de la Universidad de Purdue, Indiana por sus análisis con microsonda.

Lista de Trabajos citados en el texto

PICOT P y JOHAN, Z (1977). Atlas des Mineraux Metalliques. Mémoires du Bureau de recherches géologiques et Minières, N° 90-1977, Edition B.R.G.M., Paris XVe.

POLANSKI, J. (1958). El Bloque Variscico de la Cordillera Frontal de Mendoza, Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo XII, n° 3, págs. 165-196.

RAMDOHR, P., (1980). The ore minerals and their intergrowths. Second Edition Pergamon Press.

VILLAR, L.M., (1969). El complejo ultrabásico de Novillo Muerto, Cordillera Frontal, provincia de Mendoza, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo XXIV, n° 3, págs. 225-238.

VILLAR, L.M., (1975). Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas de la República Argentina y su significado metalogenético. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Tomo III, págs. 135-155.



Fig. 1

Núcleos de cromita (cr)
rodeados de magnetita (mg)
x 135 - Inmersión en aceite

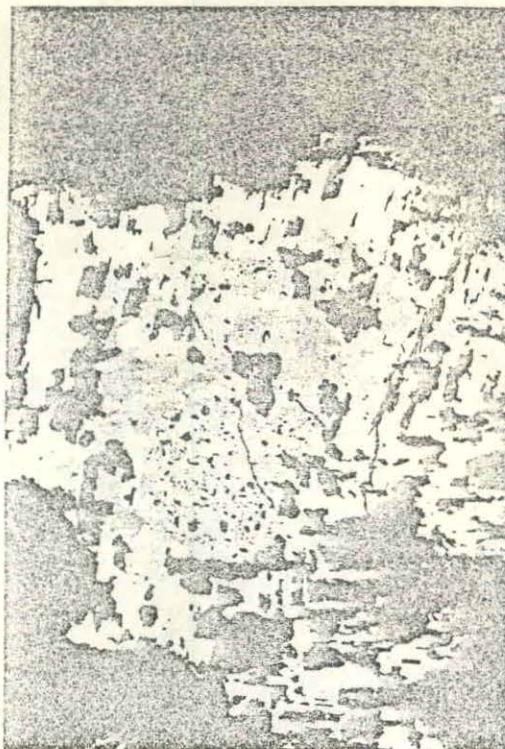


Fig. 2

Espineo zonal complejo
con magnetita (mg)
x 135 - Inmersión en aceil
te.



Fig. 3

Pirrotina (po)
"producto intermedio"
(pr.int.) y pentlandita
(pn).
x 200 - Inmersión en
aceite.

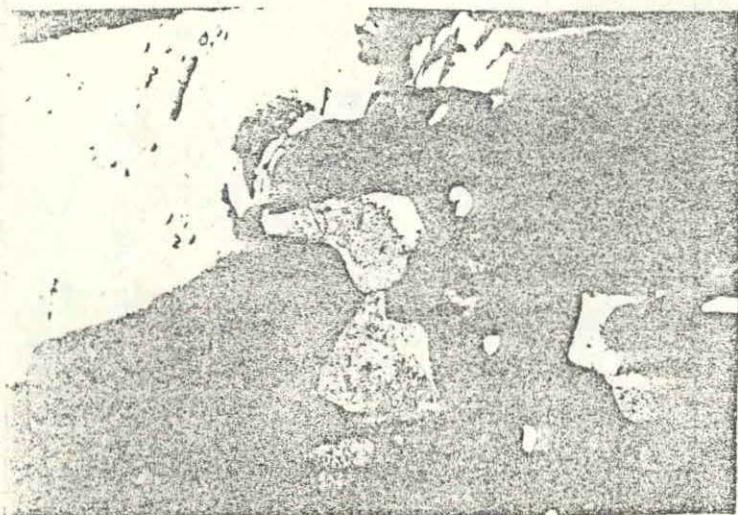


Fig. 4

Grano de pentlandita (pn)
Valleriita (v) reemplazando
magnetita (mg)
x 200 - Inmersión en aceite

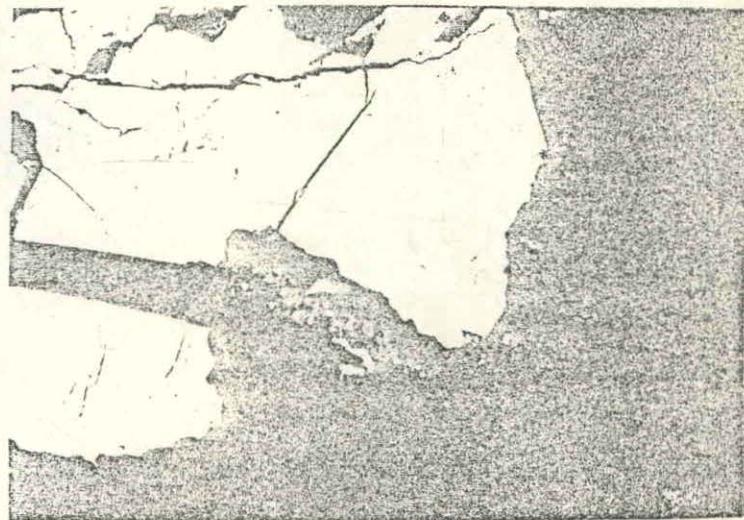


Fig. 5

Pentlandita (pn) y millerita (mi)
Nicoles parcialmente cruzados
x 200 - Inmersión en aceite.