

COMUNICACIÓN

LOS ESPINELOS DEL COMPLEJO ALCALINO PUESTO LA PEÑA, PROVINCIA DE MENDOZA

Eduardo O. ZAPPETTINI¹, Milka K. de BRODTKORB², Heinz-Jürgen BERNHARDT³ y Luisa VILLAR⁴¹ Servicio Geológico Minero Argentino - mail: ezappe@mecon.gov.ar² Universidad de Buenos Aires - mail: milkabro@gmail.com³ Universidad de Bochum, Alemania. Heinz-juergen. bernhardt@rub.de⁴ Investigadora independiente. lvillar@arnet.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se dan a conocer datos mineralógicos y condiciones de cristalización de los espinelos, además de ilmenita, presentes en el Complejo Alcalino Puesto La Peña, provincia de Mendoza. El estudio fue realizado con una microsonda electrónica e incluye los espinelos: magnetita, ulvöespinelo y espinelo s.s. ferífero.

Palabras clave: *Complejo alcalino, Espinelos, Ulvöespinelo, Mendoza.*

ABSTRACT: *The spinels of the alkaline complex Puesto la Peña, province of Mendoza.* New electron microprobe data and crystallization conditions of magnetite, ulvöspinel, feriferous spinel s.s. and ilmenite from Puesto la Peña alkaline complex are presented.

Keywords: *Alkaline Complex, Spinel, Ulvöspinel, Mendoza.*

INTRODUCCIÓN

Las rocas alcalinas del Complejo Puesto la Peña está emplazado en ámbito de la Precordillera de Mendoza, intruyendo a metagrauvas y metacuarcitas asignadas a la Formación Villavicencio de edad ordovícica. Corresponde a un complejo plutónico potásico de aproximadamente 20 km² (Villar y Zappettini 2000).

Se trata de un cuerpo compuesto por una fase piroxenítica, intruida por sienitas máficas alcalinas, conjunto intersectado por diques anulares y radiales traquíticos, de edad neógena (Zappettini *et al.* 2005). Aflora 20 km al NNO de la ciudad de Mendoza, en la intersección de las coordenadas 69° L.O. y 32° 42' L.S. Desde un punto de vista geoquímico el complejo es clasificado como del tipo potásico infra-saturado (Villar y Zappettini 2000). Una descripción de minerales silicáticos del complejo fue realizada por Villar *et al.* (2002).

La piroxenita del Complejo Puesto la Peña aflora en dos sectores, uno en la parte centro-oriental, con una superficie expuesta de 1 km² y otro menor en el extre-

mo sudoccidental. Está constituida por cúmulos de diópsido y augita con textura granosa subhedral entre micropegmatoides y fina. Hay piroxenitas estratificadas donde el bandeado es modal y composicional, en las que alternan capas de clinopiroxenita adcumular con opacos intersticiales y biotita, y otras sin biotita. La estratificación de estas rocas ultramáficas es macroscópica y microscópica.

Reconocimientos magnetométricos terrestres (King, en Mezzetti 1968) sugirieron que la piroxenita contiene concentraciones lentiformes de minerales del grupo de la magnetita. Los contenidos de magnetita en la piroxenita fueron confirmados en uno de los pozos de exploración realizado por el Plan Cordillerano en la década del 60 y varían entre 11,7 y 4,5 % (perforación N° 1). Los reconocimientos de campo posteriores (Villar y Zappettini 2000, Villar *et al.* 2002) y un control de los testigos de perforación existentes permitieron identificar agregados adcumulares e intergranulares de óxidos metálicos, constituyendo niveles centimétricos y decimétricos.

Este estudio es parte de una investiga-

ción detallada de la mineralogía de las diversas rocas y de las variaciones químicas de las fases minerales individuales y en él se describen los óxidos minerales cumulares en la fase piroxenítica que, localmente, comprende lentes de magnetita, y sus condiciones de cristalización primaria y recristalización *subsolidus*.

ANTECEDENTES

El grupo de los espinelos comprende 22 minerales agrupados en cinco subdivisiones (Gaines *et al.* 1997) con la fórmula general $A^{2+}B^{3+}_2O_4$. Los subgrupos son:

- 1) Subgrupo de aluminio, $MeAl_2O_4$ (Me = Mg, Mn, Fe, Zn) a los que corresponden hercinita y espinelo s.s.,
- 2) Subgrupo de hierro, $MeFe^{+32}O_4$ (Me = Mg, Mn, Fe²⁺, Zn, Ni, Cu, Ge, al que pertenece magnetita,
- 3) Subgrupo de cromo, $MeCr_2O_4$ (Me = Mg, Fe, Ni, Co, Zn),
- 4) Subgrupo de vanadio, MeV_2O_4 (Me = Mn, Fe²⁺, Cr, Mg),
- 5) Subgrupo de titanio, Me_2TiO_4 , (Me = Mg, Fe²⁺) al que pertenece el ulvöespinelo. Este último subgrupo fue identificado

por primera vez por Morgensen (1946) y denominado ulvöespinelo por Ramdohr (1953). Su presencia, en estrecho intercrecimiento con magnetita, es indicativa de texturas de exsolución en las titanomagnetitas naturales, debido a la presencia de una brecha de miscibilidad en la serie de solución sólida de éstas (Price 1981).

METODOLOGÍA

Las investigaciones se realizaron mediante microscopía de luz reflejada y en inmersión de aceite. Para el estudio de la composición química se recurrió al análisis con una microsonda electrónica Cameca SX 50 de la Universidad de Bochum, Alemania. El estudio microscópico de las texturas y relaciones entre los minerales, así como la distribución de los elementos químicos se complementó mediante microscopía electrónica de barrido, utilizando un equipo SEM Zeiss DSM 982 Gemini y otro Phillips.

Los análisis químicos fueron realizados mediante microsonda electrónica, Cameca SX 50, sobre muestras representativas de las dos formas de presentación: acumulares (Ma) y agregados mesocumulares (Mb). Como muestras patrón se utilizaron andradita sintética para Si, Fe y Ca, rutilo para Ti y spessartita sintética para Al y Mn. El hierro fue determinado como hierro total y las cantidades de Fe_2O_3 y FeO fueron calculados a partir de consideraciones estequiométricas de acuerdo con los procedimientos de Carmichael (1967), método también utilizado para calcular la proporción de TiFe_2O_4 en la titanomagnetita.

La magnetita y piroxenita fueron analizadas por elementos del grupo del platino en *Genalysis Laboratories Services*, Australia, por copelación con sulfuro de níquel.

DISTRIBUCIÓN Y PETROGRAFÍA DE LOS ÓXIDOS

La proporción de óxidos en la fase piroxenítica del Complejo Puesto la Peña va-

ría entre 10 y 100% en volumen, correspondiendo este último valor a niveles delgados centimétricos de magnetita.

Se presentan como agregados acumulares, en los que los óxidos han cristalizado expulsando el líquido silicático originalmente presente entre los granos cristalinos, y como agregados mesocumulares, con piroxeno y flogopita intercumulares. Por otra parte los óxidos minerales son ubicuos en las demás fases no cumulares del complejo.

La mineralogía investigada comprende una asociación de tres espinelos: magnetita, ulvöespinelo o ulvita (finamente intercrecidas, constituyendo titanomagnetita), y un espinelo aluminico. Además se hallaron ilmenita, hematita y calcopirita.

Titanomagnetita

La titanomagnetita se presenta mesoscópicamente masiva, de grano fino (muestras Ma) y como cumulosos, de grano más grueso (muestras Mb).

En las muestras Ma se observa al microscopio y con un aumento de 250x, que están formadas principalmente por titanomagnetita de aspecto inhomogéneo, en forma granosa de individuos de hasta 0,5 mm (Fig. 1a). Suele presentar desmezclas de un espinelo aluminico en dos tamaños (Figs. 1a y b) y de ilmenita (Fig. 1d). Si se observa la sección pulida a 1000 aumentos, en las muestras Ma se visualiza que la magnetita contiene finas desmezclas de ulvöespinelo (Fig. 1d), aspecto inhomogéneo a 250x, y que en las muestras Mb, éstas suelen estar acompañadas por una densa red de desmezclas de espinelo aluminico muy pequeños (Fig. 1c).

En los silicatos la magnetita se presenta como gotas de 2-5 μm y bastoncitos paralelos al clivaje de los piroxenos de hasta 30 μm de longitud.

Ulvöespinelo

El ulvöespinelo ($\text{Ti Fe}^{2+}_2\text{O}_4$) es un componente frecuente en rocas plutónicas, muchas veces no visualizado por su pequeño tamaño y por lo tanto omitido en las determinaciones ópticas. Aquí es muy abundante hallándose en todas las mues-

tras. Se presenta como pequeños granos de 0,1 a 0,3 μm en la estructura de la magnetita (Figs. 1c y d, Fig. 2). Su color es apenas más castaño y su poder reflector algo más bajo que el de magnetita. Los granos suelen estar acompañados por una densa red de desmezclas del espinelo aluminico muy pequeños, de 5 a 10 μm , según clivaje cúbico.

Espinelos s.s. ferríferos

Los espinelos s.s. ferríferos constituyen una serie entre espinelo s.s. (MgAl_2O_4) y hercinita (FeAl_2O_4), cuya variedad, de composición química intermedia fue denominada pleonasto. El poder reflector de este grupo es muy bajo, de aproximadamente 10%. Su formación es el resultado de magmas pobres en sílice, ricos en Mg y con Al; las desmezclas son producto de altas temperaturas. En estas rocas se presentan diferentes diseños de desmezclas: a) lamelas de diferentes longitudes: de hasta 50 μm , b) lamelas de hasta 20 μm (Fig. 1a), c) densa red de lamelas de 5-10 μm intercrecidas con ulvöespinelo, siempre //(100) y (111), d) en secciones octaédricas de 5 a 10 μm de lado (Fig. 1b). En la muestra Mb también es frecuente observarlo en los bordes de lamelas de ilmenita.

Ilmenita

La ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$) se presenta de diferentes maneras: como desmezclas en forma de lamelas (0001) // a (100) de la magnetita (Fig. 1d), especialmente abundantes en la muestra Mb donde se suelen observar granos de pleonasto en los bordes de ella. Se formaron con anterioridad a las desmezclas del espinelo aluminico (Fig. 1e). Frecuentemente se halla también como venillas posteriores a la formación de la magnetita y en granos asociada a ella (Fig. 1f).

Hematita

Se han observado escasos granos en venillas asociados a ilmenita.

Calcopirita

Se presenta como finas venillas (hasta 10

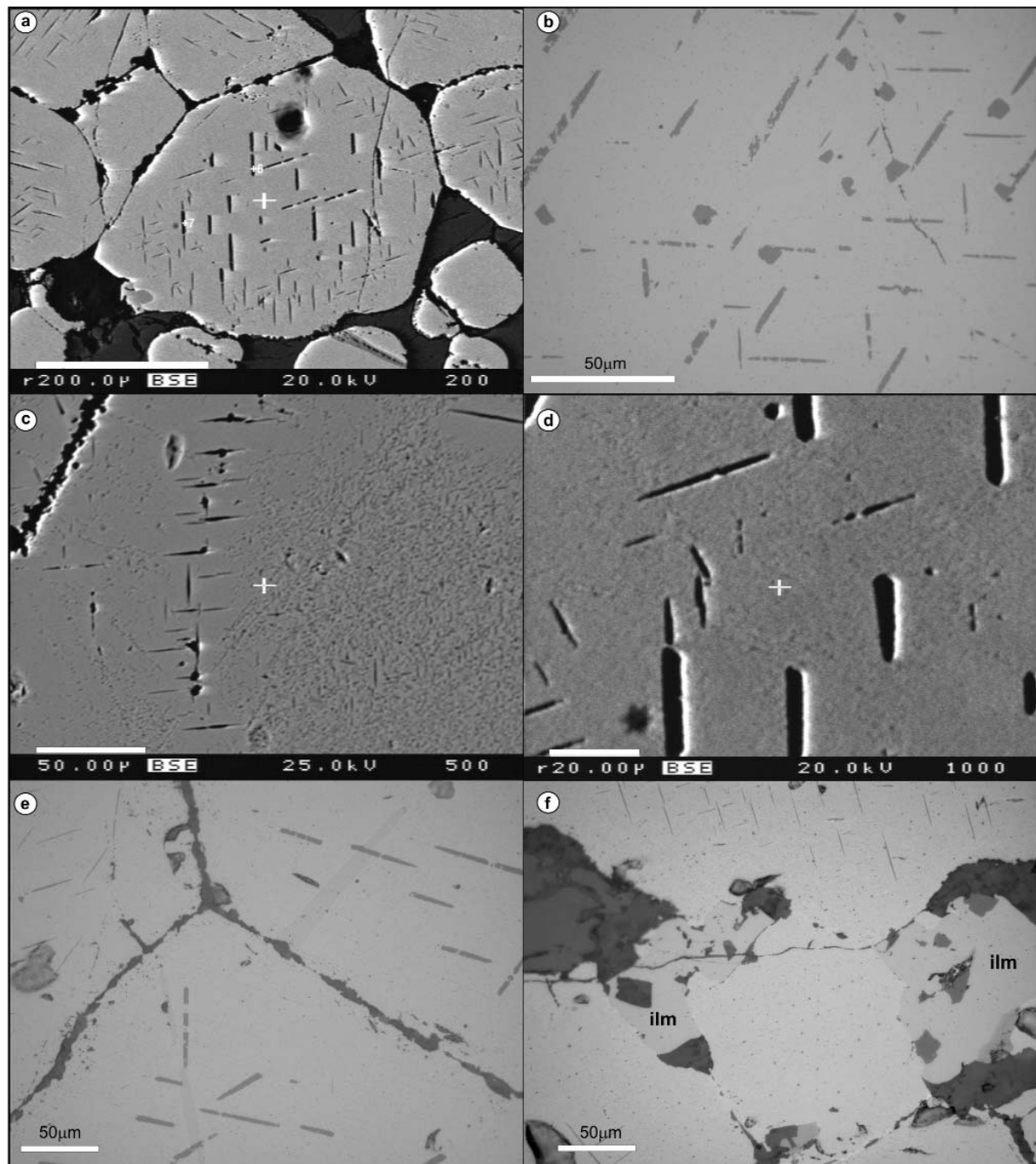


Figura 1: a) Granos de titanomagnetita con desmezclas de espinelo ferrífero; b) Titanomagnetita con desmezclas de espinelo s.s. ferrífero en forma de lamelas según clivaje cúbico y octaédrico, y secciones de octaedro; c) Titanomagnetitas con desmezclas de espinelo s.s. ferrífero según clivaje cúbico. Se observa la superficie "rugosa" correspondiente a las desmezclas de ulvöespinelo; d) Igual con mayor aumento; e) Titanomagnetita con desmezclas de ilmenita y espinelo s.s. ferrífero, f) Granos y venillas tardías de ilmenita asociados a titanomagnetita.

μm de espesor) tardías, atravesando a la magnetita.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ÓXIDOS

Titanomagnetita

Para las muestras Ma y Mb se realizaron

4 y 6 análisis respectivamente observándose muy escasa variación en el contenido molar de TiFe_2O_4 (entre 17 y 22%) (Cuadro 1).

Como se aprecia en la imagen de electrones retrodispersados (Figs. 1c y d) y también en la observación con el microscopio electrónico de barrido (Fig. 2), se ob-

serva que la titanomagnetita está constituida por un intercrecimiento de dos fases: magnetita y ulvöespinelo y no presenta signos de oxidación a baja temperatura. La proporción de titanio presente en la solución sólida original de espinelo determina cuál mineral es la matriz; en este caso, la magnetita, constituyendo el

ulvöespinelo el producto de la desmezcla. Los resultados analíticos que se observan en el cuadro 1 corresponden a composiciones promedio de la titanomagnetita en áreas libres de ilmenita. Dado que el diámetro del haz de electrones de la microsonda electrónica es mayor que el tamaño de las exsoluciones de ulvöespinelo, los resultados son composiciones promedio de las fases de espinelo presentes. Estos análisis fueron recalculados a espinelos ideales asumiendo estequiometría. De los resultados presentados se observa que la magnetita del Complejo Alcalino Puesto La Peña contiene Mg y Mn reemplazando Fe²⁺.

Para la magnetita titanífera de los adculos se tiene una relación promedio ulvöespinelo:magnetita de 17,7:82,3 y para la fase intergranular de 19,8:80,2.

Espinelo s.s. ferrífero

La composición química del espinelo s.s. ferrífero se muestra en el cuadro 2. Se analizaron los cristales lamelares de desmezclas presentes en las muestras Ma y Mb. En ambos casos se observa que su composición es intermedia entre espinelo s.s. y hercinita, por lo que se puede clasificar como espinelo s.s. ferrífero (pleonasto).

Ilmenita

La ilmenita puede contener Fe₂O₃ hasta un 6% y cantidades de MgTiO₃ (geikielita) y MnTiO₃ (pirofanita), que pueden ser constituyentes mayores (Cuadro 3). No son infrecuentes los miembros intermedios.

Los granos individuales de ilmenita fueron analizados en la muestra Ma y los resultados se presentan en el cuadro 3. El contenido en R₂O₃ varía entre 3,19 y 4,99, y el de MnO varía entre 1,57 y 2,67 %. Lindsley (1976) ha mostrado que el incremento en Mn es consistente con la distribución de MnO entre magnetita e ilmenita y está relacionado con el descenso de la temperatura. Si se comparan los valores con la titanomagnetita hospedante, se observa que la ilmenita es más rica en Mn y más pobre en Al.

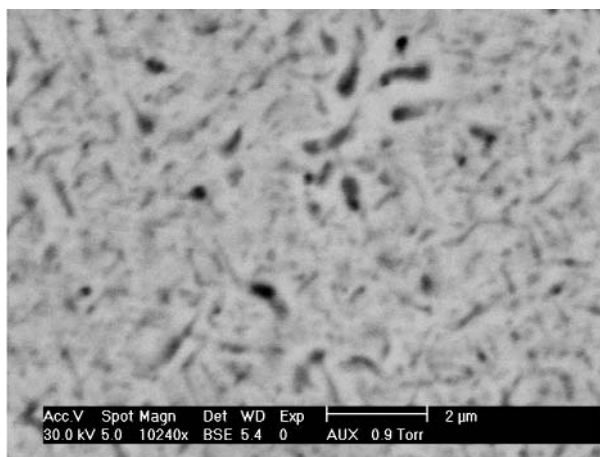


Figura 2: Exsoluciones de ulvöespinelo (gris mediano) de 0,2 µm en promedio en magnetita

CUADRO 1: Composición química de titanomagnetitas (magnetitas + ulvöespinelos).

	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Ma5	Ma6	Mb1	Mb2	Mb3	Mb4	Magn*	Ulvö*
FeO	20,21	20,57	23,72	21,96	21,39	20,85	21,19	20,82	21,98	20,21	30,03	64,27
Fe ₂ O ₃	66,46	66,62	66,12	67,33	66,51	66,98	66,76	65,79	65,91	66,62	68,97	-
TiO ₂	6,06	5,92	5,09	5,46	6,90	7,00	6,66	7,12	7,07	5,53	-	35,73
MnO	0,37	0,33	0,32	0,26	0,37	0,38	0,35	0,33	0,33	0,28	-	-
MgO	3,51	3,73	1,79	2,93	2,26	2,70	2,54	2,34	1,82	0,88	-	-
Al ₂ O ₃	3,48	4,28	3,08	3,07	3,14	3,24	2,98	3,16	3,42	1,77	-	-
SiO ₂	0,04	0,07	0,05	0,02	0,06	0,01	0,04	0,06	0,04	0,06	-	-
CaO	0	0,005	0,02	0,03	0,03	0,02	0	0,004	0,03	0,39	-	-
Total	100,13	101,525	100,19	101,06	100,66	101,18	100,47	99,624	100,60	95,74	100,00	100,00
Mol%	17,83	17,27	14,18	15,87	20,36	20,48	19,58	21,36	20,99	17,21		

*valores teóricos.

CUADRO 2: Composición química de espinelo s.s. ferrífero.

	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Mb1	Mb2	Mb3	Mb4	Mb5	Esp.ss*	Herc.*
MgO	20,89	21,95	21,62	21,66	19,96	20,01	19,39	20,79	21,23	28,33	-
Al ₂ O ₃	58,00	62,79	61,57	61,96	64,88	62,91	63,08	64,74	67,86	71,67	58,66
FeO	7,40	7,21	7,21	7,45	10,86	10,20	11,77	9,86	11,01	-	41,34
Fe ₂ O ₃	11,76	6,85	8,22	7,99	2,30	4,91	5,46	4,32	3,18	-	-
SiO ₂	0,09	0,03	0,15	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	-	-
CaO	0,003	0,025	0,035	0,05	0,01	0,003	0,01	0,03	0,02	-	-
TiO ₂	1,40	0,88	1,04	1,01	0,18	0,49	0,36	0,44	0,20	-	-
MnO	0,13	0,13	0,15	0,12	0,08	0,15	0,14	0,14	0,12	-	-
Total	99,663	99,865	100,035	100,29	99,30	98,223	100,26	100,38	103,66	100,00	100,00

*valores teóricos.

CUADRO 3: Composición química de ilmenita (geikielita y pirofanita).

	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Ma5	Ma6	Ma7	Ma8	Ilme.*	Geik.*	Pirof.*
TiO ₂	51,11	54,44	55,35	55,07	51,60	52,69	53,15	53,10	52,65	66,46	52,96
FeO	35,95	32,08	27,57	27,69	24,07	33,96	33,65	35,89	47,35	-	-
MgO	6,82	10,63	13,58	13,10	14,84	8,42	8,53	7,76	-	33,54	-
Al ₂ O ₃	2,37	0,05	1,14	1,58	6,60	0,57	0,68	0,13	-	-	-
SiO ₂	0,07	0	0,03	0,03	0,05	0,53	0,05	0,02	-	-	-
CaO	0,02	0,03	0,04	0,008	0,008	0,03	0,13	0	-	-	-
MnO	2,57	2,02	1,70	1,70	1,71	2,41	2,49	2,62	-	-	47,04
Total	99,91	99,25	99,41	99,78	98,77	100,61	98,68	99,72	100,00	100,00	100,00
Mol%R ₂ O ₃	4,99	4,18	3,65	3,19	3,87	4,24	3,75	4,85			

*valores teóricos.

Composición química promedio de la magnetita

Se realizó un análisis multielemento mediante activación neutrónica de una muestra de magnetita tipo Ma. Los resultados se pueden observar en el cuadro 4. Para comparación, se exponen los valores de una piroxenita representativa del Complejo Alcalino Puesto La Peña. A partir de los contenidos en elementos mayoritarios se calculó un contenido normativo de 14,35% de magnetita y 4,31% de ilmenita en la piroxenita y un contenido normativo de 62,03% de magnetita y 10,71% de ilmenita en la magnetita (correspondiendo el resto a silicatos y apatita).

La piroxenita está enriquecida en elementos de las tierras raras respecto de la magnetita (Fig. 3), si bien ambas muestran un diseño plano en su patrón de distribución normalizado a OIB, indicativo de un ambiente tectónico de emplazamiento de tipo extensional de retroarco (Villar y Zappettini 2000).

Contenido en elementos del grupo del Platino

Se determinó la presencia de Ir, Pd, Pt y Au, en tanto los contenidos de Ru, Rh y Re están por debajo del límite de detección del método. Las muestras analizadas arrojaron valores de Ir entre 0,1 y 0,2 ppb, de Pd entre 12 y 13 ppb, de Pt entre 6 y 10 ppb y de Au entre 6 y 14 ppb. Los valores Pt/Pd son próximos a 1 y en las piroxenitas estos valores están acompañados de un enriquecimiento en Cu, Ba y Sr, lo que se refleja en la cristalización de calcopirita tardía.

En el diagrama de EGP+Au normalizados a condrito de muestras de magnetita (Fig. 4) se observa un pendiente positiva con bajos valores de Ir y mayores de Pt y Pd, comparables con los de complejos magmáticos estratificados.

La magnetita y el ulvöspinel son importantes captadores de EGP durante la cristalización del magma. Los EGP determinados no pudieron ser identificados mineralógicamente pero su presencia en este tipo de complejos normalmente es

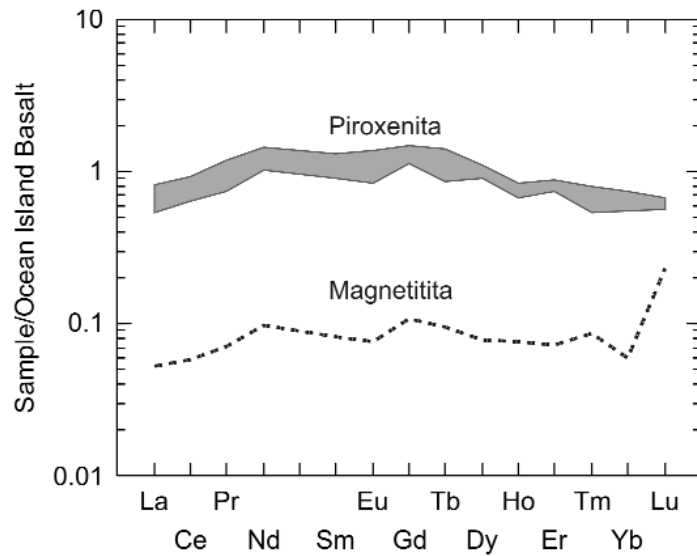


Figura 3: Diagrama de elementos de las tierras raras normalizadas a OIB (Sun y McDonough, 1989) de magnetita y piroxenita cogenéticas del CAP.

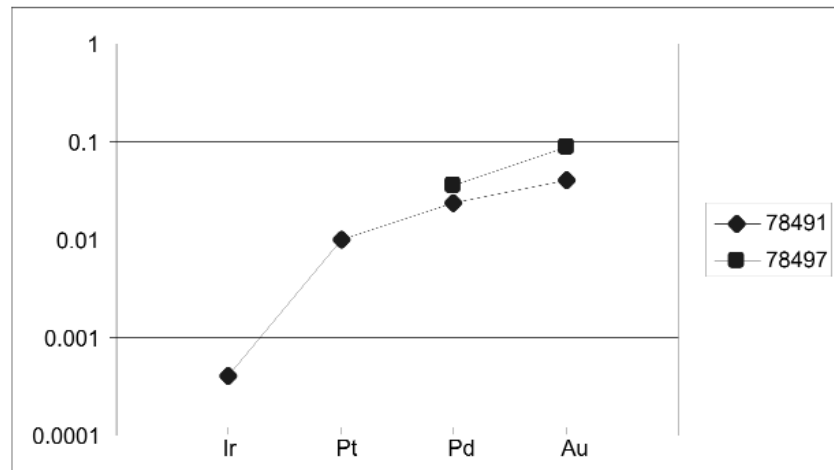


Figura 4: Perfiles EGP+Au normalizados a condrito de muestras de magnetita del Complejo Puesto La Peña. Datos de normalización de Naldrett y Duke (1980).

CUADRO 4: Análisis mediante activación neutrónica de magnetita y de piroxenita.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeOt	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total	
Piroxenita	35,95	2,234	4,94	20,81	0,281	9,53	21,11	0,26	0,07	2,25	97,4	
Magnetitita	6	5,89	3,6	76,8	0,38	4,8	2,44	0,19	0	0,19	100	
Muestra	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
Piroxenita	30,4	75,2	11,5	55,7	13,1	4,13	11,4	1,5	6,2	0,9	2,3	0,28
Magnetitita	1,95	4,69	0,69	3,79	0,82	0,23	0,83	0,1	0,44	0,08	0,19	0,03
Muestra	Yb	Lu	Cr	Ni	Co	Sc	V	Cu	Pb	Zn	Sn	W
Piroxenita	1,6	0,2	ND	ND	87	60	612	380	8	150	3	204
Magnetitita	0,13	0,07	ND	ND	1	33	ND	ND	ND	ND	5,4	0
Muestra	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Ta	Nb	Hf	Zr	Y	Th	U
Piroxenita	22	2	420	0,6	17	0,1	ND	4,5	102	23	1,5	0,2
Magnetitita	28	2	41	0	35	0	9	0,8	21	2	0,4	0

* óxidos en % en peso - Elementos minoritarios y traza en ppm - ND: no detectado.

bajo la forma de sulfuros, sulfoarseniuros o aleaciones muy pequeñas, englobados en los óxidos y formados durante la fase

magmática tardía. Su presencia en fases tardías asociadas a la mineralización de Cu alojada en fracturas en el Complejo

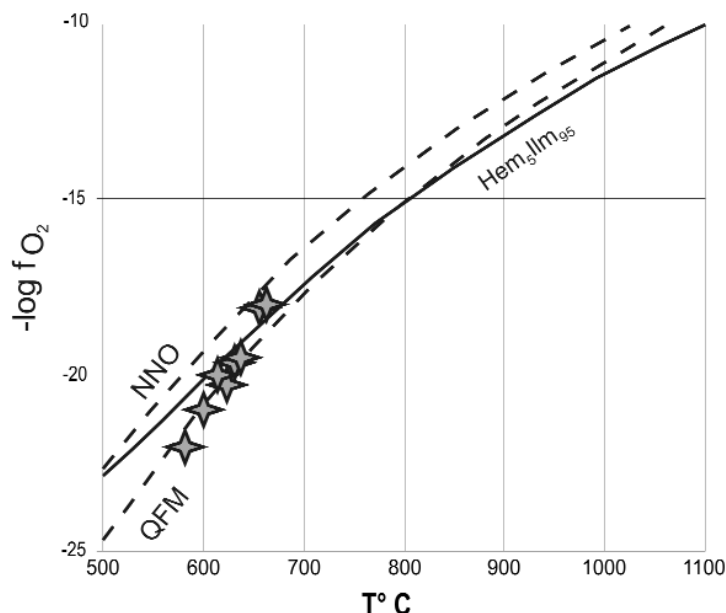


Figura 5: Condiciones de T - $f_{(O_2)}$ a partir de las composiciones de los óxidos de hierro-titanio en la piroxena del Complejo Puesto La Peña. Estrellas: pares ilmenita ferrifera-magnetita. Curva sólida: línea isocomposicional Hen5Ilm95 (Buddington y Lindsley 1964). NNO: buffer níquel-óxido de níquel. QFM: buffer Cuarzo-Fayalita-Magnetita (Eugster y Wones 1962) para una presión de 2.000 bares (Himmelberg y Ford 1977).

está siendo investigada.

CONDICIONES DE CRISTALIZACIÓN

Los valores de temperatura de equilibrio y fugacidad de oxígeno, calculados usando el geotermobarómetro de Spencer y Lindsley (1981) y ploteados en la figura 5, se disponen cercanos a las condiciones del buffer Cuarzo-Fayalita-Magnetita, en un rango entre 580 y 660° C y 10-18 y 10-22 bares, similares a los valores presentados por Himmelberg y Ford (1977) para las condiciones de equilibrio entre lamelas de exsolución de ilmenita y titanomagnetita hospedante, en rocas del macizo de Dufek.

CONSIDERACIÓN FINAL

Las condiciones de cristalización de la intrusión y de la mayoría de los óxidos cumulares indican que el enfriamiento se habría producido a lo largo de la isopleta de la ilmenita (Fig. 5). Las temperaturas de son compatibles con un sistema emplazado a escasa profundidad, de acuerdo con lo planteado por Villar y Zappettini

(2000).

La presencia de texturas de exsolución en la titanomagnetita del CAP y la proporción molar de magnetita: ulvöespinelo indica que el reequilibrio *subsolvus* se ha producido por debajo de los 400 °C (Price, 1981).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Buddington, A.F. y Lindsley, D.H. 1964. Iron-Titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *Journal of Petrology* 5: 310-357.
 Carmichael, I. 1967. The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 14: 36-64.
 Eugster, H.P. y Wones, D.R. 1962. Stability relations of the ferruginous biotite, annite. *Journal of Petrology* 3: 82-125
 Gaines, R., Skinner, H., Foord, E., Mason, B., Rosenzweig y King, A. 1997. *Dana's New Mineralogy*. John Wiley y Sons Inc., 1819 p., New York.
 Himmelberg, G y Ford, A. B., 1977. Iron-titanium oxides of the Dufek intrusion, Antarctica. *American Mineralogist* 62: 623-633.
 King, A.J. 1968. Relevamiento geofísico en Puesto La Peña. En Mezzetti, A. (1969), *Zona Puesto*

to La Peña. Área de Reserva N° 5, provincia de Mendoza, República Argentina. Plan Cordillerano, Servicio Geológico Minero Argentino, informe inédito, 6 p., Buenos Aires.
 Lindsley, D.H. 1976. The crystal chemistry and structure of oxide minerals as exemplified by the Fe-Ti oxides. En Rumble, D. (ed.) *Oxide minerals*. Mineralogical Society of America 3: L31-L35.
 Mezzetti, A. M. 1968. Informe final zona "Puesto La Peña". Area de reserva N° 5, Provincia de Mendoza, República Argentina. Dirección General de Fabricaciones Militares, (inédito), 6 p., 4 anexos, Buenos Aires.
 Morgensen, F. 1946. A Ferro-ortho-titanate ore from Södra Ulvön. *Geologiska Föreningens Stockholm Förhandlingar* 68: 578-588.
 Naldrett, A.J. y Duke, J.M. 1980. Platinum metals in magmatic sulfide ores. *Science* 208 (4451): 1417-1424.
 Price, G. 1981. Subsolidus phase relations in the titanomagnetite solid solution series. *American Mineralogist* 66: 751-758.
 Ramdohr, P. 1953. Ulvöspinel and its significance in iron ores. *Economic Geology* 48: 677-688.
 Spencer, K.J. y Lindsley, D.H. 1981. A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *American Mineralogist* 66 (11-12): 1189-1201.
 Sun, S.S. y McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D. and Norry, M. J. (eds.) *Magmatism in the ocean basins*. Geological Society, Special Publication 42: 313-345. London.
 Villar, L.M. y Zappettini, E.O. 2000. El Complejo Alcalino Paleógeno de Puesto La Peña. Simposio Internacional Magmatismo Andino. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 697 - 701, Puerto Varas.
 Villar, L. M., Zappettini, E. O. y Hernández, L. 2002. Mineralogía del Complejo Alcalino Puesto La Peña, provincia de Mendoza, Argentina. 6° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 453-460, Buenos Aires.
 Zappettini, E., Basei, M., Villar, L. y Teixeira, W. 2005. Edad de la facies malignita del Complejo alcalino Puesto La Peña, Mendoza, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 599-604, La Plata.

Recibido: 16 de septiembre, 2008
 Aceptado: 01 de marzo, 2009