

Geofísica del cuerpo ultramáfico de la mina Salamanca, provincia de Mendoza

J. KOSTADINOFF^{1,2}, E. A. BJERG^{1,2}, D. GREGORI^{1,2}, D. RICARTE³, J. A. ROBLES³ Y A. RANIOLO^{2,4}

¹Universidad Nacional del Sur; Departamento de Geología San Juan 670, 8000 Bahía Blanca.

E-mail: gfkostad@criba.edu.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Universidad Nacional de San Juan Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Miglioli 1160 (Sur)-Rivadavia 5400 - San Juan

⁴Universidad Nacional del Sur; Departamento de Ingeniería

RESUMEN. La faja de rocas máficas-ultramáficas de la Cordillera Frontal de Mendoza es considerada como una ofiolita desmembrada. La presencia en las rocas ultramáficas serpentinizadas portadoras de mineralizaciones de talco, sulfuros polimetálicos y de elementos del grupo del platino (EGP) constituyen un atractivo para la realización de prospecciones geofísicas. La metodología de trabajo consistió en medir una red de estaciones geofísicas (gravimetría y magnetometría), en el área de la mina Salamanca. Los resultados permitieron evaluar las reservas de talco y calibrar un modelo de prospección geofísica para los sulfuros polimetálicos presentes en la faja de rocas máficas – ultramáficas de la Cordillera Frontal.

Palabras clave: *Geofísica, prospección, rocas ultramáficas, mineralizaciones, Cordillera Frontal.*

ABSTRACT. *Geophysics of the Mina Salamanca ultramafic body, Province of Mendoza.* The Mendoza Cordillera Frontal mafic-ultramafic belt is considered as a dismembered ophiolite. The presence of talc, polymetallic sulphides and platinum group elements (PGE) in the serpentinitised ultramafic body make this area an interesting target for geophysical prospecting. Gravimetric and magnetometric measurements, made on a network of stations covering the whole Salamanca mine area, enable us to evaluate talc reserves and calibrate a model for polymetallic sulphides surveys along the entire Cordillera Frontal mafic-ultramafic belt.

Key words: *Geophysics, prospection, ultramafic rocks, mineralizations, Frontal Cordillera*

Introducción

El objetivo del presente trabajo es aportar información geofísica y geológica en lo referente a la geometría, magnitud y continuidad del cuerpo ultramáfico serpentizado con mineralización de sulfuros polimetálicos asociada, de la mina Salamanca. Este yacimiento se encuentra ubicado en el sector oriental de la cuchilla de Guarguaraz, provincia de Mendoza (Fig.1).

Los métodos aplicados comprendieron observaciones simultáneas de los campos gravimétricos y magnetométricos. Los cuerpos ultramáficos serpentizados, a los cuales se hallan vinculados genéticamente mineralizaciones de sulfuros polimetálicos y de talco, se evaluaron con el objetivo de definir un área de eventual interés económico.

Hasta la fecha se ha determinado la presencia de mineralización de sulfuros de Fe, Cu, Zn, Ni y Co, con anomalías de Au, Ag y elementos del grupo del platino en las serpentinitas (Bjerg *et al.* 1990 y Bjerg *et al.* 1993). Las

fajas de rocas ultramáficas serpentinizadas no habían sido objeto de prospecciones geofísicas con anterioridad.

Antecedentes

Geología regional

La faja máfica-ultramáfica de la Cordillera Frontal de Mendoza, considerada una ofiolita desmembrada (Haller y Ramos 1984, 1993), forma parte del bloque variscico de Polanski (1958, 1972) y se aloja en el Complejo Metamórfico cuya edad es de 500 ± 50 Ma (Camino *et al.* 1979). Los cuerpos ultramáficos se extienden a lo largo de 60 km con rumbo N-NE (Polanski 1964, 1972; Zardini 1962; Villar y Escayola 1996) entre la cuchilla del Guindo, en el cordón del Portillo y la cuchilla de Guarguaraz en el río de las Tunas, donde los mismos se interrumpen abruptamente. Son cuerpos asociados a anfibolitas, esquistos micáceos, calcáreos y cuarzo-feldespáticos, metapelitas, calizas cris-

talinas, mármoles y esquistos turbidíticos (Bjerg *et al.* 1990, Ruviños y Gregori, 1996, López *et al.* 1999).

Su emplazamiento actual es producto de un sistema de imbricación con vergencia al este. Este sistema actuó en forma episódica como fallas de rumbo con direcciones predominantes N 30°-45°.

Tanto el complejo metamórfico como los cuerpos ultramáficos han sido intruidos por granodioritas y tonalitas, las cuales fueron denominadas asociaciones plutónicas mesovariscica y tardiovariscica (Polanski 1972), asignadas al Paleozoico superior-Triásico Inferior (Camino 1965, Gregori *et al.* 1996, Gregori 2000), o al magmatismo gondwánico (Llambías *et al.* 1993) y consideradas dentro del grupo de plutonitas neofamatínicas y Plutonitas Portillo (Méndez *et al.* 1995).

El complejo metamórfico en el área de la mina Salamanca muestra un predominio de las facies de esquistos verdes (Bjerg *et al.* 1990), aunque se han reconocido en este sector facies de anfibolitas y granulitas (Gregori *et al.* 1997).

En el flanco noroccidental de la cuchilla de Guarguaraz, Bjerg *et al.* (1993) y Gregori y Bjerg (1997) reconocieron la presencia de una secuencia ofiolítica integrada por gabros, rocas ultramáficas serpentinizadas, diques máficos y lavas almohadilladas que denominaron faja Metales.

Las paragénesis minerales en los esquistos de la faja Metales indican que no se superaron las condiciones del bajo grado metamórfico, aunque estudios recientes (Ruviños *et al.* 1997) indican que en el sector sudoriental de la Cuchilla de Guarguaraz se alcanzaron condiciones de grado medio en anfibolitas a alto en granulitas.

Geología del área de la mina Salamanca

El cuerpo ultramáfico serpentizado de la mina Salamanca, con una longitud de 900 metros y un ancho máximo de 100 metros, se interrumpe abruptamente en su extremo SO (en cercanías de la mina La Luisa, Bjerg 1985) y NE, debido a la presencia de fallas de desplazamiento con rumbo N 320° (Fig. 1). Este tipo de fallamiento origina el desplazamiento del cuerpo serpentinitico en las proximidades del campamento minero de mina Salamanca. Esto fue aprovechado, durante el ciclo gondwánico, para el emplazamiento de diques de composición diorítica, (Bjerg 1985, Bjerg *et al.* 1999, López *et al.* 1999).

La mineralización de sulfuros se encuentra alojada en una zona de falla (Fig. 4), que limita el margen occidental del cuerpo ultramáfico serpentizado. El rumbo general de esta falla es N 40° E y un buzamiento de alto ángulo con un valor medio de 70° al NO (Bjerg 1985, Bjerg *et al.* 1999).

El cuerpo ultramáfico de la mina Salamanca está constituido en un 90% por minerales del grupo de la serpentina, encontrándose escasos relictos de olivino y piroxeno, que corresponden a la mineralogía del cuerpo ultramáfico original. Esta característica y el predominio de texturas de serpentización no pseudomórficas, impide definir más precisamente la composición de las rocas ultramáficas ori-

ginales las cuales eran sin duda de naturaleza peridotítica. Asociados con los minerales serpentínicos se hallan talco, tremolita, clorita, carbonatos (dolomita y calcita), magnetita y sulfuros. La magnetita fue originada a partir del proceso de serpentización, encontrándose bajo la forma de una muy fina diseminación en la masa serpentínica (2-5%) y como delgadas venillas ubicadas en la parte central de las venas de crisotilo.

La mineralización de sulfuros se dispone en vetas de hasta 2 m de potencia en los niveles superiores del yacimiento, venillas desde 1 cm de ancho y diseminada hasta 4-7%, en los niveles más profundos de cota 2.320 m s.n.m., según González Stegmann (1949), Bjerg (1985) y Bjerg *et al.* (1999), adoptando una estructura tipo cola de caballo. Los sulfuros reemplazan indistintamente a los minerales del grupo de la serpentina, cloritas, talco, tremolita, carbonatos, relictos de olivino y enstatita. El rumbo de las lentes mineralizadas es aproximadamente paralelo al del fallamiento principal o sea NNE y con buzamiento de 50°-80° al Oeste.

La mena está constituida por pirrotina (monoclínica y hexagonal, constituye entre el 60 y el 70% de la mena), calcopirita y blenda como componentes mayoritarios, a los cuales se asocian pirita, pentlandita, Co-pentlandita, mackinawita, cubanita, molibdenita, valleriita, oro, argentum, argentopentlandita y cobaltita (Brodtkorb 1970, 1971, Bjerg 1985, Bjerg *et al.* 1999, Bjerg y Brodtkorb 2002). También han sido reconocidos cristales zonados de cromitas con altos tenores de Zn, ferro-cromita, Cr-magnetita, magnetita e ilmenita (Bjerg 1985, Bjerg *et al.* 1993, 1994).

La ganga comprende clorita, talco, serpentina, actinolita, calcita, dolomita, magnesita y cuarzo (Bjerg 1985) y los minerales supergénicos son limonita, hematita, malaquita, azurita, Cu nativo, cuprita y calcosina. En la mina Salamanca la potencia de la zona de oxidación es de 10-15 metros, faltando la de cementación.

La geoquímica indica que las peridotitas serpentinizadas de la mina Salamanca tienen tenores de Cr de hasta 3400 ppm, Ni 2500 ppm, Co 500 ppm, Cu 400 ppm, Zn 600 ppm, mientras que el contenido de elementos del grupo del platino y Au sobre roca total (valores máximos y mínimos expresados en ppb) son los siguientes: Os 6-12, Ir 0.2-3.3, Ru 2-5, Rh 2-4, Pt 2-7, Pd 8-55 y Au 2-1800, (Bjerg 1994, Bjerg *et al.* 1999).

Dadas sus características, la mineralización del distrito Salamanca se habría formado a partir de un proceso líquido magmático, aunque sus características texturales y estructurales indicarían que posteriormente un proceso hidrotermal fue el responsable de la removilización de los sulfuros y de imprimirle a la mena las características texturales y estructurales que actualmente presenta (Brodtkorb 1971, Bjerg 1985, 1994, Bjerg *et al.* 1993-1999), proceso de removilización que también está documentado por los actuales contenidos y diseño de los diagramas normalizados de los elementos del grupo del platino.

Vistos los resultados y las experiencias acumuladas a partir de los trabajos gravimétricos y magnetométricos realizados sobre la faja de rocas máficas-ultramáficas de

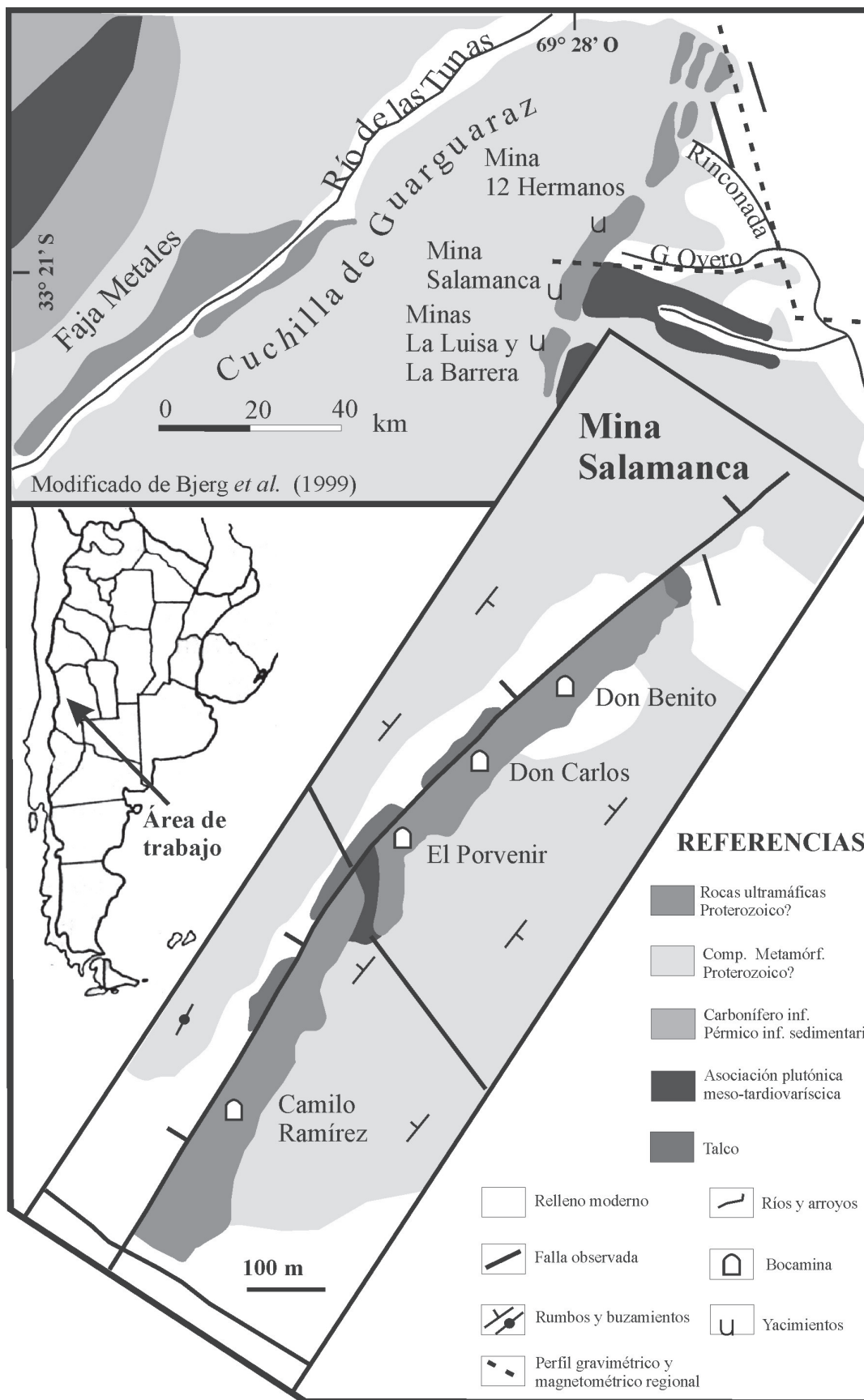


Figura 1: Mapa de ubicación, geología regional y local del área de estudio.

las Sierras Pampeanas de San Luis, se consideró que era apropiado aplicar una metodología similar en el área de la mina Salamanca. Se tuvieron presentes las diferencias existentes entre ambas regiones en lo referente al ambiente tectónico en que estas asociaciones máficas-ultramáficas se originaron y su actual disposición, con particular consideración respecto a la mineralogía y estructura de las mineralizaciones metalíferas asociadas. Entre las similitudes mineralógicas de ambas áreas, significativas desde el punto de vista de la metodología aplicada, se destaca que la pirrotina es la fase magnética dominante en ambas mineralizaciones y que el grafito no está presente en las unidades ígneas involucradas ni tampoco en las rocas de caja.

Metodología

Las prospecciones gravimétricas y magnetométricas se realizaron como complemento de investigaciones geológicas con extrema precaución debido a la complejidad tectónica y a la topografía del área.

En una primera etapa se efectuó el relevamiento a escala regional, con la observación de estaciones cada 2-4 km (Fig. 1). De esta manera se logró identificar las anomalías de gran longitud de onda producidas por las estructuras geológicas de mayor dimensión y profundidad. Sobre esa base, se densificaron las mediciones, con una estación cada 30-50 metros en las zonas con predominio de rocas serpentinizadas. Esto último tuvo como objetivo establecer una vinculación entre las anomalías de corta longitud de onda y las mineralizaciones de sulfuros polimetálicos que allí presentes.

El posicionamiento de las estaciones se realizó con equipos GPS modelo Garmin SRV-100 en su modo diferencial. La altimetría se obtuvo con un teodolito Wild T-1 confeccionándose en el campo una grilla de alta densidad. Para lograr una precisión de ± 1 cm se niveló con lecturas a corta distancia (30 m). Especial cuidado se tuvo con las correcciones topográficas debido a los grandes desniveles existentes en el área de la mina Salamanca, adoptándose una densidad media de $2,67 \text{ gr/cm}^3$, en función de las variaciones litológicas halladas en el área.

Los valores del campo gravimétrico terrestre se obtuvieron con un gravímetro La Coste-Romberg Nro. 418, el cual fue calibrado entre puntos medidos anteriormente en el área. Las correcciones de latitud, aire libre y Bouguer se realizaron siguiendo los métodos clásicos descriptos por Kostadinoff (1995) e Introcaso (1997). La constante de la corrección de Bouguer se obtuvo utilizando una densidad de $2,67 \text{ gr/cm}^3$.

Los cierres gravimétricos se mantuvieron en $\pm 0,015$ mGal. Las correcciones de marea lunisolares no se tomaron en consideración dado el corto intervalo de tiempo (menos de 6 horas) transcurrido entre la primera y la última medición.

Se tuvo especial cuidado al momento de realizar las correcciones topográficas debido a los desniveles existentes en el área de trabajo. Se utilizó el método de Hammer,

Cuadro 1: Valores de densidad y susceptibilidad de las rocas estudiadas

Nº DE MUESTRA	TIPO DE ROCA	DENSIDAD (gr/cm^3)	SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (SI)
S-55	Serpentinita (M1)	3,03	0,000450
S-68	Serpentinita (M1)	3,05	0,000520
S-66,	Serpentinita (M1)	2,93	0,000480
S-67	Serpentinita (M1)	2,73	0,000450
G-06	Serpentinita (M2)	2,94	0,004600
G-05	Serpentinita (M2)	2,94	0,005520
S-59	Serpentinita (M3)	2,64	0,075000
S-71	Talco	2,64	0,000200
G-08	Dique Anfibolita	2,89	0,118000
G-10	Dique anfibolita	2,65	0,035600
G-14	Anfibolita	2,71	0,034700
G-24	Anfibolita	3,00	0,008020
G-12	Riolita, Chert	2,82	0,000180
G-13	Basalto	2,58	0,000050
G-18	Marga	2,85	0,000280
G-22	Milonita	2,96	0,005400

tres círculos con un máximo de 170 m, obteniéndose correcciones que alcanzaron un máximo +1,5 mGal.

Para las observaciones del campo magnético terrestre se usó un magnetómetro de precesión nuclear *Geometric G-826*. La variación diurna geomagnética, que afecta en forma temporal a todas las observaciones, se corrigió con un magnetómetro base G-860. Para hallar las anomalías magnéticas, además de la corrección por la variación diurna, se restó el valor del *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF, 1996 – 2000).

En los mismos lugares donde se midió la magnetometría se observó la susceptibilidad magnética de las rocas aflorantes con un susceptibilímetro marca *Kappameter* modelo KT-5.

Los valores de anomalías de los campos gravitatorio y magnético sirvieron para confeccionar perfiles y mapas para modelar la estructura.

Para optimizar el cálculo de los modelos geológicos la información se complementó con determinaciones en laboratorio de la densidad de las muestras de rocas tomadas en el área de trabajo (Cuadro 1).

Toda la información se procesó en PC con programas ya elaborados y calibrados anteriormente. Los modelos 2D y 3D se obtuvieron a partir de programas comerciales ya existentes *Surfera* y *Geolinka*.

Resultados

Debido al metamorfismo que poseen las rocas en esta zona de trabajo es crítica la elaboración de modelos geofísicos que aporten información sobre la geología en profundidad. Las variaciones de la densidad y la susceptibilidad magnética observadas a lo largo de los perfiles de trabajo son debidas a la gran diversidad litológica en distancias relativamente cortas. Las rocas, fuertemente plegadas, se presentan constituyendo fajas elongadas y estrechas.

Para elaborar modelos geofísicos congruentes con la

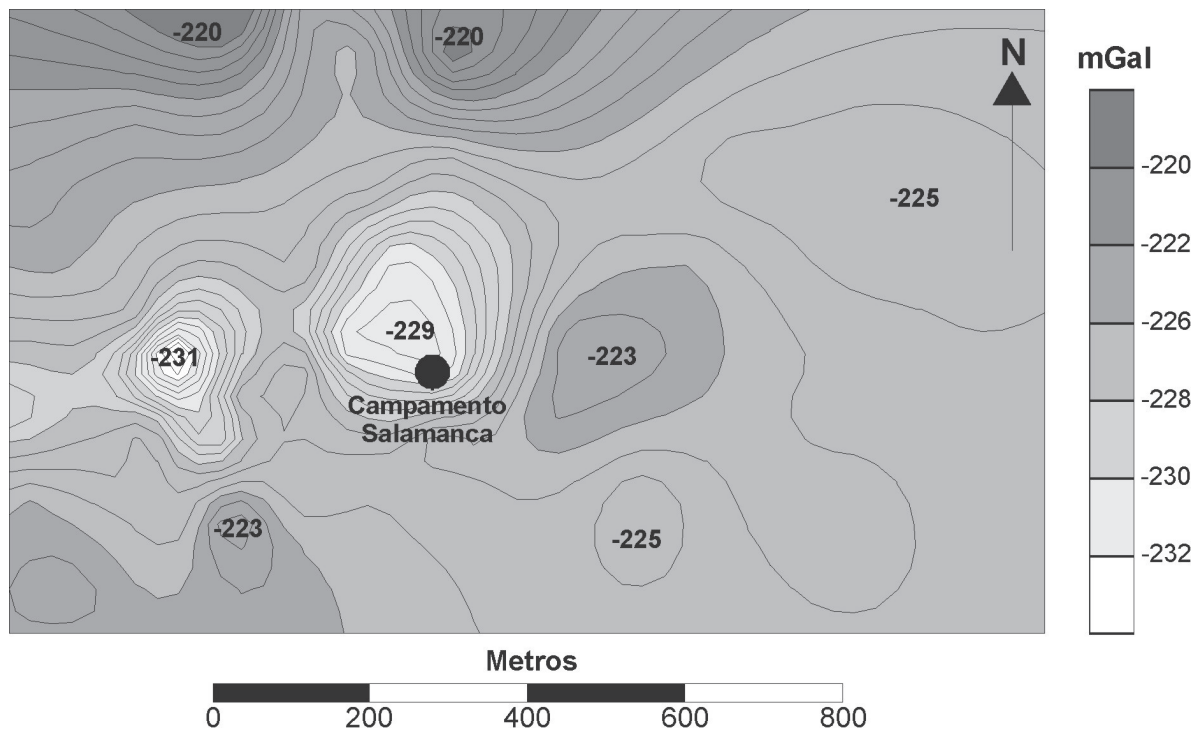


Figura 2: Mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer en la zona de la mina Salamanca. Isolíneas cada 0,5 mGal.

geología del área investigada, fue necesaria la medición, *in situ* y en laboratorio, de los parámetros de densidad y la susceptibilidad magnética de numerosas rocas. Los resultados de las mediciones de densidad y susceptibilidad determinadas en laboratorio se indican en el cuadro 1. En el campo se efectuaron aproximadamente 500 determinaciones de susceptibilidad magnética.

Los mapas de anomalías gravimétricas y magnéticas (Figs. 2 y 3) muestran una notable correlación, especialmente en el sector occidental, en el área de las labores denominadas Don Benito, Don Carlos, El Porvenir y Camilo Ramírez (véase la Fig. 1). Las anomalías magnéticas (Fig. 3) que se ubican en la misma posición que las gravimétricas (Fig. 2), pueden ser explicadas por los altos contrastes de susceptibilidad magnética del cuerpo serpentínico. En base a los rangos de susceptibilidad medidos, las rocas fueron agrupadas en tres categorías: M1 comprendidas entre 0,00046 a 0,00052 SI, M2 desde 0,0046 a 0,0055 SI y M3 con valores mayores de 0,075 SI (Cuadro 1).

Dentro de este cuerpo serpentínico se hallan dos minerales de alta susceptibilidad magnética: la magnetita, derivada de la serpentinización de las rocas ultramáficas y en parte de la alteración de cromitas, y los sulfuros polimetálicos, en los cuales el predominio de la pirrotina es absoluto (60-70 % de la mena) según Bjerg (1985) y Bjerg *et al.* (1993-1999). La ilmenita fue determinada por Bjerg (1985) quien destaca su presencia, con carácter excepcional en este yacimiento, en intercrecimientos con magnetita.

La magnetita es el mineral de mayor susceptibilidad magnética en la naturaleza llegando a un máximo de 19.2

SI, le sigue la pirrotina con 6 SI (Telford *et al.* 1990) y ambos minerales se encuentran en el cuerpo serpentínico, aunque como ya se indicó la pirrotina es absolutamente dominante.

La presencia de una veta de sulfuros polimetálicos entre el nivel Camilo Ramírez y El Porvenir, que llega a tener un máximo de 2 m de espesor con un alto porcentaje de pirrotina (Fig. 4), es el principal responsable de las anomalías magnéticas determinadas en ese lugar.

Este hecho queda evidenciado en la figura 4, en la cual resulta claro que en la zona de fractura se ubica la máxima anomalía magnética del área (330 nT).

Se calculó un modelo magnetométrico tomando en cuenta la litología, disposición de la mena, dimensiones geométricas y las mediciones de la susceptibilidad magnética de los sulfuros (1,25 SI) en el nivel Camilo Ramírez. El alto valor de la susceptibilidad magnética de los sulfuros es debido al predominio mayoritario de la pirrotina en la composición de la mena, esto se visualiza en la figura 4.

El operador matemático de cálculo utilizado fue un modelo prismático (Fig. 4) para vetas de minerales de alta susceptibilidad magnética, desarrollado durante la exploración del Yacimiento Este de Sierra Grande en la provincia de Río Negro, (Kostadinoff 1987).

El resultado obtenido indica que la veta encontrada entre el nivel Camilo Ramírez y El Porvenir produce una anomalía de 290 nT lo cual muestra una buena correlación con la curva observada en el campo pues debemos tener en cuenta que no se ha incluido el aporte de la magnetita en este modelo. La magnetización remanente no fue considerada ya que no se dispone de los medios instrumentales para su determinación.

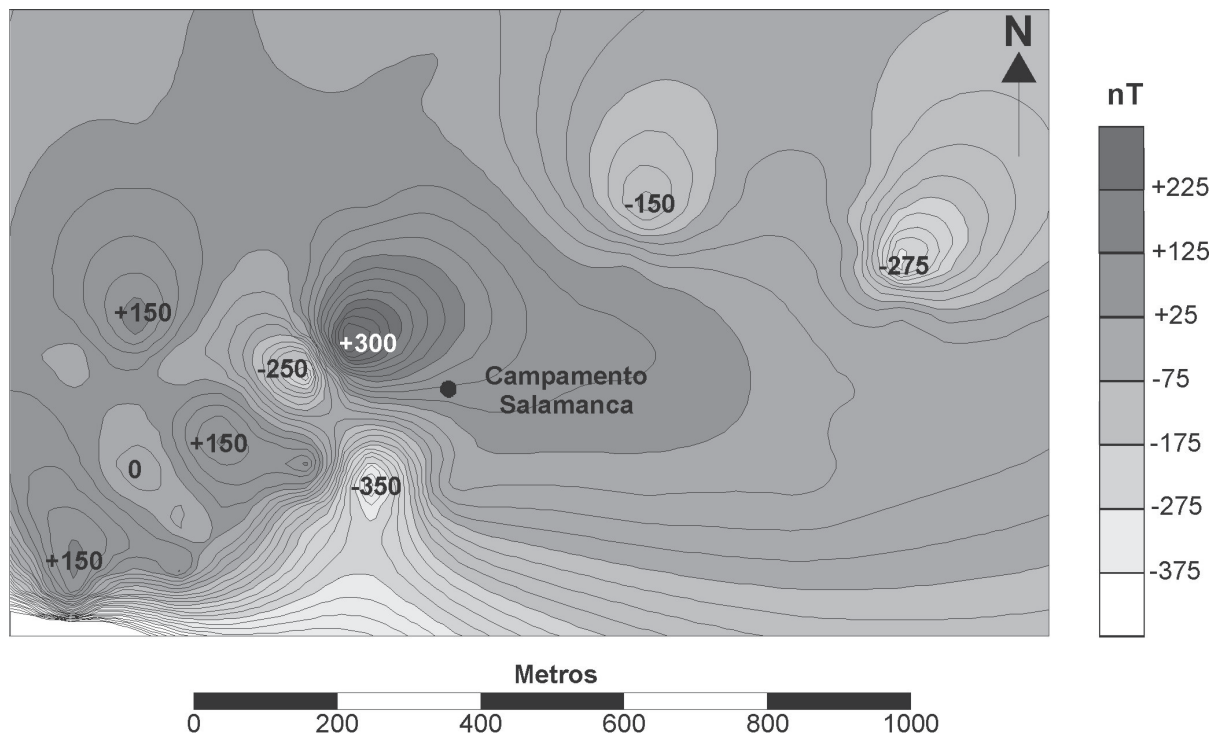


Figura 3: Mapa de anomalías del campo magnético terrestre en la zona de la mina Salamanca. Isoclinas cada 25 nT.

La zona mineralizada con talco, al oeste de la fractura con sulfuros (Fig. 4), coincide con el mínimo magnetométrico, el cual se correlaciona con los valores de susceptibilidad magnética hallados en la zona, la cual está comprendida entre 0 y 0,0002 SI. En el extremo oeste del perfil se han encontrado diques de anfibolitas (López *et al.* 1999) los cuales por su contenido de magnetita elevan en 150 nT el valor de la anomalía magnética.

Los mínimos magnéticos (-350 nT) observados al suroeste del campamento minero se correlacionan con la presencia de diques dioríticos y apófisis del plutón granítico Los Tábanos que cortan el cuerpo serpentínico.

Se advirtieron dos anomalías gravimétricas, una de -30 y otra de -40 UG en Camilo Ramírez. Estas anomalías están relacionadas con los contrastes de densidad entre las rocas ultramáficas y el talco, que de acuerdo al cálculo realizado con el modelo de Kostadinoff (1987), estarían en el orden de $-0,04 \text{ gr/cm}^3$.

Considerando la superficie de las anomalías del mapa gravimétrico de la figura 2, la magnitud de las mismas y la densidad del cuerpo serpentínico, es posible calcular la masa del mismo utilizando la metodología presentada por Nettleton (1976).

La cuantificación del déficit de masa del sector de la mina Salamanca, indica la presencia de 30.000.000 tn de rocas ultramáficas alteradas (serpentinitas, talco, etc). El perfil de la figura 4, permite verificar las correlaciones descriptas anteriormente entre los mapas de anomalías magnéticas y gravimétricas en el área de Don Benito y El Porvenir. El cálculo de los volúmenes de la mineralización y su geometría es altamente especulativo por dos razones: a) falta de información respecto a la variación de las den-

sidades en profundidad debido a las diferentes proporciones de serpentinitas, talco, sulfuros y rocas ultramáficas, y b) la densidad de puntos de medición es insuficiente para efectuar este tipo de cálculos.

Finalmente se puede agregar que los altos gradientes gravitatorios tienen una buena correlación con las fallas N-S halladas en los trabajos de Bjerg (1985), Gregori y Bjerg (1997) y López *et al.* (1999), compárese con las figuras 1 y 2.

Conclusiones

Se ha establecido que los sulfuros polimetálicos masivos existentes en la mina Salamanca son determinables con métodos magnéticos, en razón de que la fase mineral magnética preponderante (60-70 %) es la pirrotina. Los trabajos realizados indican que esta metodología geofísica es ampliamente recomendable para la prospección de este tipo de mineralizaciones a lo largo de la faja de rocas ultramáficas que se desarrollan al Sur y al Norte de la región estudiada (Minas La Luisa, La Barrera, Doce Hermanos, Matienzo, etc.).

El resultado de la cuantificación del déficit de masa en el área estudiada, alienta la búsqueda de yacimientos de talco de mayores dimensiones.

Agradecimientos

A la empresa propietaria y personal de Mina Salamanca, en particular al señor C. Santiago por su desinteresada

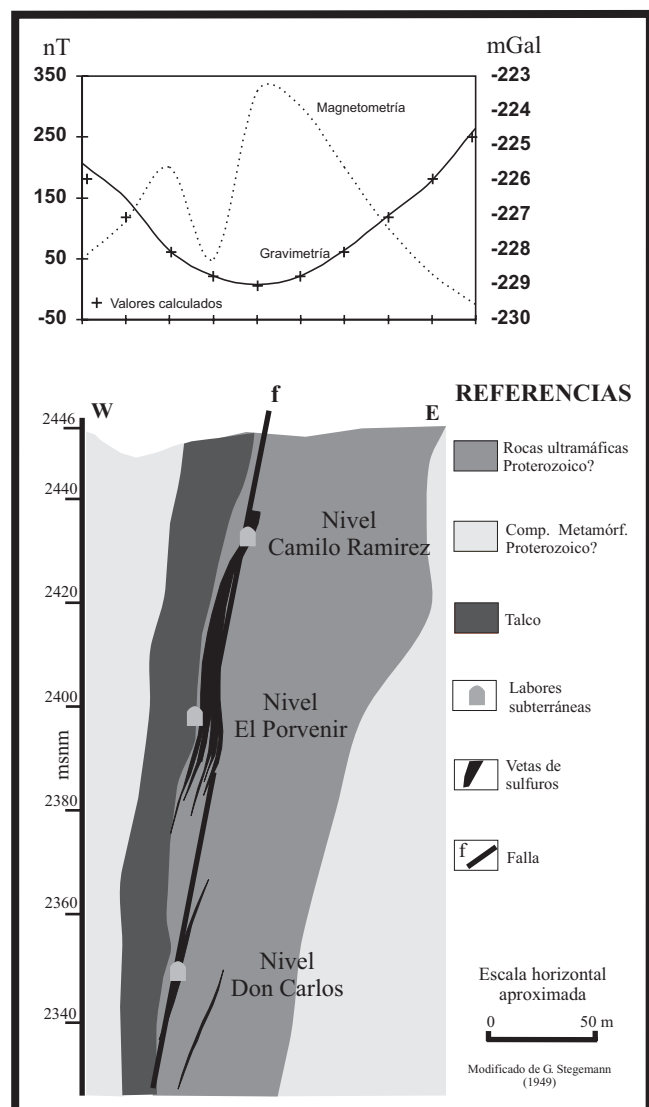


Figura 4: Perfil gravimétrico, magnetométrico y geológico sobre la zona de laboreo minero, mostrando la correlación entre las anomalías magnéticas y la posición de las vetas de sulfuros. +: valores de anomalías de Bouguer calculados aplicando el método de prismas.

colaboración. A los árbitros de este trabajo, Dra. E. Poma, Dra. G. Font y Dr. R. B. Evans por sus valiosos comentarios y sugerencias.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bjerg, E.A., 1985. Aspectos genéticos del proceso de mineralización y su relación con los cuerpos serpentínicos del área de las minas Salamanca, La Luisa y La Barrera, departamento Tupungato, provincia de Mendoza. Tesis doctoral, 1-98 pp, Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Sur (inédito). Bahía Blanca.
- Bjerg, E.A., 1994. Platinum Group Elements and Gold in serpentized ultramafic rocks from the Cordillera Frontal, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 49 (1-2): 48-54.
- Bjerg, E.A., Gregori, D. A., Losada Calderón, A. y Labudía, C.H., 1990. Las metamorfitas del Faldeo Oriental de la Cuchilla de Guarguaraz, Cordillera Frontal, prov. de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (3-4): 234-245.
- Bjerg, E. A., Brodtkorb, M. K. de y Stumpf, E. F., 1993. Compositional zoning in Zn-chromites from the Cordillera Frontal Range, Argentina. *Mineralogical Magazine*, 57: 131-139.
- Bjerg, E. A., Brodtkorb, M. K. de y Stumpf, E. F., 1994. Variaciones composicionales de cromitas ricas en Zn, área mina Salamanca, provincia de Mendoza, Segundas Jornadas de Mineralogía, Petrología y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas, Publicación 3: 483-490, La Plata.
- Bjerg, E. A., Villar, L. M. y Donnari, E. I., 1999. Distrito cuprífero Salamanca, Complejos Novillo Muerto y Los Gateados, Mendoza. En: *Recursos Minerales de la República Argentina*. E.O. Zappettini (Ed.), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35(1): 167-172.
- Bjerg, E. A. y Brodtkorb, M. K. de, 2002. Argentopentlandita de mina Salamanca: una nueva especie mineral en Argentina. En M. Brodtkorb, M. Koukarsky, P.R. Leal (Eds.) *Mineralogía y Metalogénia*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, pp. 31-34.
- Brodtkorb, M. K. de, 1970. La cobalto-pentlandita del yacimiento Salamanca, prov. de Mendoza, Rep. Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25:307-310.
- Brodtkorb, M. K. de, 1971. El yacimiento Salamanca, ejemplo de depósito "hidrotermal" de Cu-Ni. 1° Congreso Hispano Luso Americano de Geología Económica, Actas 1001-1011.
- Caminos, R., 1965. Geología de la vertiente oriental del Cordón del Plata, Cordillera Frontal de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 20 (3), 351-392.
- Caminos, R., Cordani, U. J. y Linares, E., 1979. Geocronología y geología de las rocas metamórficas y eruptivas de la Precordillera y Cordillera Frontal de Mendoza: 2° Congreso Geológico Chileno, Actas, 1: F43-F61.
- González Stegmann, E.M., 1949. Exploración Salamanca-Barrera, Departamento Tupungato, provincia de Mendoza. Dirección General de Fabricaciones Militares (inédito) Buenos Aires.
- Gregori, D. A., 2000. Permo-Triassic volcanic-arc granites in the Mendoza Frontal Cordillera, Argentina. XVII. Simposio sobre la Geología de Latinoamérica, pp. 47 Stuttgart.
- Gregori, D. A. y Bjerg, E. A., 1992. Los depósitos de talco del distrito minero Salamanca, prov. de Mendoza, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47 (1) : 55-59.
- Gregori, D. A. y Bjerg, E. A., 1997. New evidences on the nature of the Frontal Cordillera ophiolitic belt - Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 10 (2): 147-155.
- Gregori, D.A., Fernandez-Turiel, J.L, Lopez-Soler, A. and Petford, N., 1996. Geochemistry of Upper-Palaeozoic-Lower Triassic granitoids of Central Frontal Cordillera, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 9 (1-2): 141-151.
- Gregori, D. A., Ruvíños, M. A. y Bjerg, E. A., 1997. Las metamorfitas del Basamento de la Cordillera Frontal, entre el Río de Las Tunas y el Ao. Barraquero, Provincia de Mendoza. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas II: 1295-1299, Antofagasta.
- Haller, M. J. y Ramos, V. A., 1984. La ofiolitas famatinianas (Eopaleozoico) de las provincias de San Juan y Mendoza. 9° Congreso Geológico Argentino. Actas, II:66-83.
- Haller, J. M. y Ramos V. A., 1993. Las Ofiolitas y otras rocas afines. 12 Congreso Geológico Argentino. 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Mendoza. V. A. Ramos (Ed.), Relatorio (4): 31-39.
- Introcaso, A. 1997. Gravimetría. UNR Editora Rosario, 355 pp.
- Kostadinoff, J., 1987. Informe sobre el relevamiento gravimagnetométrico del yacimiento Este, Sierra Grande, provincia de Río Negro. HIPASAM S.A. (Informe inédito).
- Kostadinoff, J. 1995. Delimitación de estructuras, litología y espesor de corteza terrestre en áreas continentales y marinas del sistema de sierras de Tandilia (Provincia de Buenos Aires). Universidad Nacional de La Plata. Tesis doctoral (Inédito) La Plata.

- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimiere, L., Raniolo, A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C. and Felfernig, A., 1998a. Anomalías geofísicas en rocas máficas - ultramáficas de las Sierras Grandes de San Luis, Argentina. 4° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis, 6° Jornadas de mineralogía y Petrografía, Metalogénesis de rocas Máficas y Ultramáficas:139 - 146. UNS. Bahía Blanca. Argentina.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimiere, L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C. and Felfernig, A., 1998b. Geophysical anomalies in the Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (4): 549 – 552.
- Llambías, E. J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A., 1993. El magmatismo Gondwánico. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. *Geología y Recursos Naturales de Mendoza- V.A. Ramos (Ed.)*, Relatorio, I(6):53-64.
- López, V. L., Gregori, D. A., Migueles, N. A. y Dimartino, C., 1999. Nuevas facies en el basamento metamórfico de la Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina XIV Congreso Geológico Argentino, Salta. 141-144.
- Méndez, V., Zanettini, J.C., Zappettini, E. O., 1995. Geología y metalogénesis del Orógeno Andino Central, República Argentina. Dirección Nacional del Servicio Geológico. *Anales N° 23*, 190 pp.
- Nettleton, L.L., 1976. Gravity and magnetics in oil prospecting. McGraw Hill Co. New York. USA, 464 p..
- Polanski, J., 1958. El bloque Variscico de la Cordillera Frontal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 12 (3): 165-196.
- Polanski, J., 1964. Descripción geológica de la Hoja 25a, Volcán San José (Provincia de Mendoza). Boletín 98. Dirección Nacional de Geología y Minería, Secretaría de Estado de Minería, 94 pp 110.
- Polanski, J., 1972. Descripción geológica de la Hoja 24 a y b, Cerro Tupungato. (Provincia de Mendoza). Boletín 128. Dirección Nacional de Geología y Minería Secretaría de Estado de Minería, XX p.
- Ruviños, M. A. y Gregori, D. A., 1996. Nature of the Frontal Cordillera metamorphic rocks in the Río de las Tunas area, Mendoza province, Argentina. 3rd International Simposium on Andean Geodynamics. 795-798. St Malo, France.
- Ruviños, M. A., Gregori, D. A. y Bjerg, E. A., 1997. Condiciones de P y T del basamento metamórfico de la Cordillera Frontal, Provincia de Mendoza. 8° Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, Actas 1: 512-1516.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, 74 p., Cambridge.
- Villar, L. M. and Escayola, M., 1996. Metallogenetic aspects of ophiolites and other types of mafic and ultramafic complexes of Argentina. Geological Society of Nevada. *Geology and ore deposits of the American Cordillera. Symposium Proceedings*, 1497-1499.
- Zardini, R., 1962. Significado geológico de las serpentinitas de Mendoza. *Anales Primeras Jornadas Geológicas Argentinas*, Buenos Aires, 2: 437-442.

Recibido: 22 de mayo, 2001

Aceptado: 4 de septiembre, 2003