

# CUERPOS INTRUSIVOS ASOCIADOS A LAS MINERALIZACIONES POLIMETÁLICAS DEL DEPÓSITO CERRO LEÓN, ÁREA DEL ANTICLINAL EL TRANQUILO, SANTA CRUZ: EVIDENCIAS GEOFÍSICAS

G. A. PEÑALVA<sup>1,2</sup>, S. M., JOVIC<sup>1,3</sup>, C. J., CHERNICOFF<sup>1,2</sup>, D. M., GUIDO<sup>1,3</sup>, I., SCHALAMUK<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup> Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Minerales (INREMI) Universidad Nacional de La Plata-CICBA. Av. Julio A. Roca 651, piso 8, sector 9. Ciudad de Buenos Aires. Email: gpenia@mecon.gov.ar

## RESUMEN

Las características geológicas tales como presencia de cuerpos intrusivos y subvolcánicos someros básicos a intermedios y de las mineralizaciones con alto contenido de sulfuros del área del anticlinal El Tranquilo, son particulares y poco representadas en el macizo del Deseado. El depósito polimetálico vetiforme Cerro León presenta una signatura geoquímica-mineralógica que lo diferencia del clásico modelo epitermal de baja sulfuración característico del macizo del Deseado. Los datos aeromagnéticos del área del anticlinal El Tranquilo permiten reconocer una conspicua anomalía subcircular que se interpreta como un intrusivo no aflorante, de aproximadamente 9 km de diámetro, que subyace al Grupo El Tranquilo y a la Formación Roca Blanca; su profundidad se estima en 1400 m. Este cuerpo intrusivo genera el domamiento regional del anticlinal El Tranquilo y el fracturamiento radial asociado. La interpretación de la presencia de pequeños cuerpos intrusivos y subvolcánicos o apófisis alimentados por el cuerpo intrusivo mayor, asociados con anomalías magnéticas de menor diámetro y mayor gradiente, está confirmada por datos de perforación. Las principales vetas del depósito Cerro León se ubican asociadas espacialmente con los cuerpos intrusivos y subvolcánicos someros no aflorantes. Esto, sumado al alto contenido de sulfuros y la signatura geoquímica y mineralógica de las vetas, sugiere que posiblemente estén asociadas genéticamente a los cuerpos intrusivos subyacentes y circundantes, y permite utilizar este modelo como una herramienta de prospección para este tipo de depósitos.

Palabras clave: *Anomalías magnéticas, Lineamientos magnéticos, Mineralización polimetálica, Depósito Cerro León, Macizo del Deseado.*

**ABSTRACT:** *Intrusive bodies associated with the polymetallic mineralization of the Cerro León deposit, area of Cerro Tranquilo anticline, Santa Cruz: Geophysical evidence.*

The geologic characteristics such as presence of basic to intermediate intrusive and subvolcanic bodies, and the mineralization with high sulfide content of the El Tranquilo anticline area are peculiar and poorly represented in the Deseado Massif. The Cerro León polymetallic deposit presents a geochemical and mineralogical signature that is different from the classic low sulfidation epithermal model, characteristic of the Deseado Massif. Aeromagnetic data from the El Tranquilo anticline area allow recognizing a subcircular anomaly that is interpreted as a buried intrusive body of approximately 9 km of diameter, which underlies the El Tranquilo Group and Roca Blanca Formation. Its depth is estimated in 1,400 m. This intrusive body generated the doming of El Tranquilo anticline, and its associated regional radial fractures. The presence of small intrusive and subvolcanic bodies or apophyses fed by the higher intrusive body, interpreted from magnetic anomalies of smaller diameter and higher gradient, are confirmed by drilling. The main veins of the Cerro León deposit are located on top of the buried intrusive and subvolcanic bodies. This, plus the high sulfide content and geochemical and mineralogical signature of the veins, suggests that the mineralization is genetically associated to the intrusive bodies and allows the use of this model as a prospecting tool for this type of deposits.

Keywords: *Magnetic anomalies, Magnetic lineaments, Polymetallic mineralization, Cerro León deposit, Macizo del Deseado.*

## INTRODUCCIÓN

El área del anticlinal El Tranquilo se u-

bica en el sector central del macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, a 40 km al noroeste del yacimiento auro-ar-

gentífero Cerro Vanguardia (Fig. 1). Jovic *et al.* (2004) comunicaron la presencia del depósito Cerro León, el cual está forma-

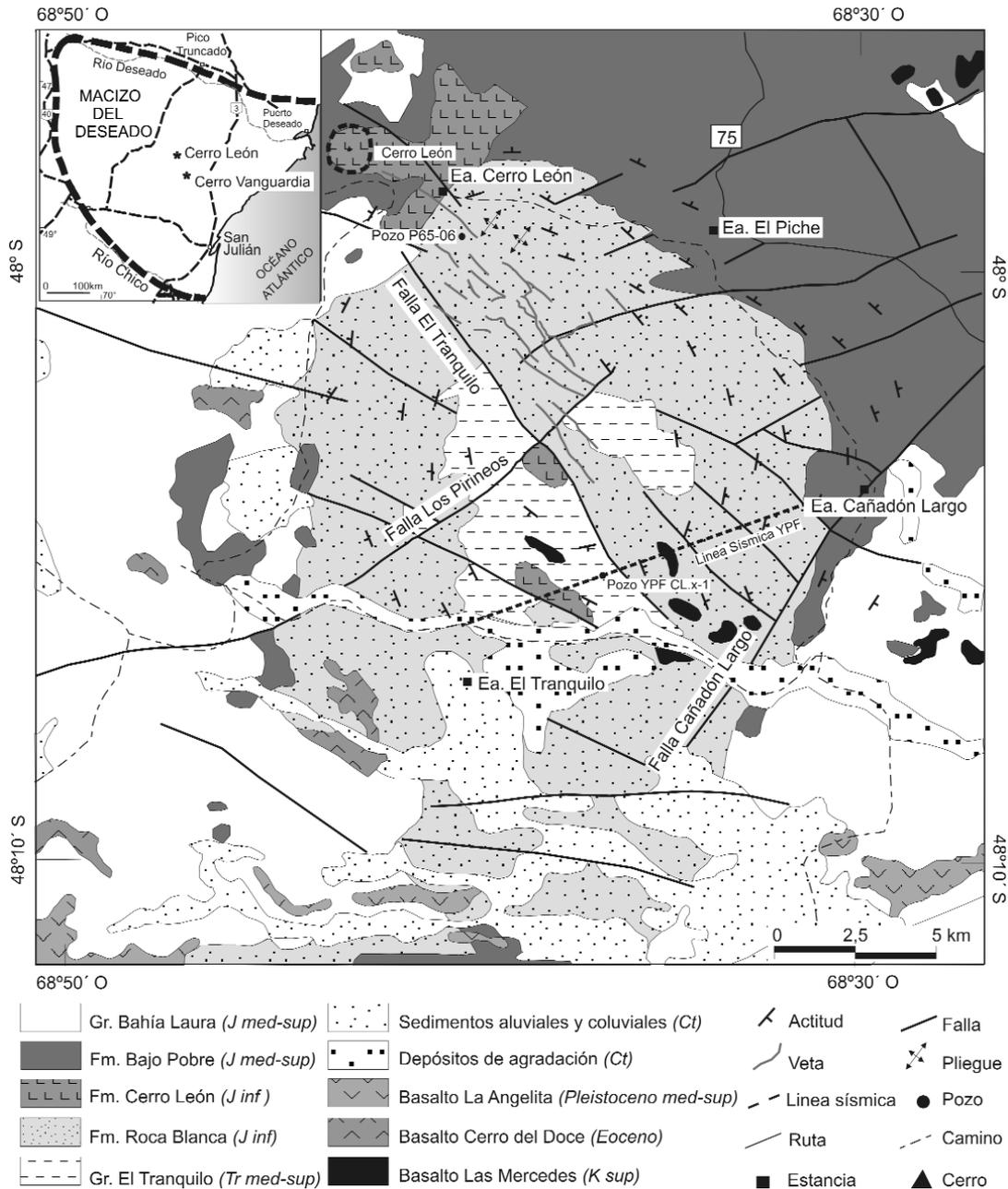


Figura 1: Mapa geológico y de ubicación del área del anticlinal El Tránsito, provincia de Santa Cruz (modificado de Panza 1994).

do por un conjunto de vetas que contienen importantes concentraciones metalíferas, y que tienen características geoquímicas y mineralógicas que difieren del clásico modelo epitermal de baja sulfuración del macizo del Deseado. Se trata de vetas polimetálicas de cuarzo y sulfuros con una mineralización compleja, caracterizada por altas concentraciones de Sn, Cd, In, Zn, Ag, Cu, Pb, W, Bi, As y Sb (Jovic *et al.* 2005).

La zona de estudio fue abarcada por el levantamiento geofísico aéreo (magnetometría y espectrometría de rayos gamma) del macizo del Deseado llevado a cabo por el Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR 1998). En el presente trabajo se ha realizado una interpretación geológica de estos datos geofísicos, junto con el procesamiento y análisis de los datos geológicos y estructurales obtenidos de Panza (1994) y de los traba-

jos realizados por la empresa minera Argentex Mining Corp., propietaria de las vetas polimetálicas. Esto ha permitido identificar un conjunto de anomalías magnéticas asociadas a cuerpos intrusivos, como así también los rasgos estructurales mayores.

## GEOLOGÍA

En la figura 1 se presenta el mapa geoló-

gico simplificado de la zona de estudio y alrededores. Las rocas más antiguas de la región son las sedimentitas continentales del Triásico medio a superior del Grupo El Tranquilo (Jalfin y Herbst 1995). Esta secuencia se compone principalmente de areniscas a areniscas conglomerádicas, con intercalaciones de pelitas y fangolitas oscuras, con participación piroclástica y abundantes detritos volcánicos (Chebli *et al.* 1976, Jalfin y Herbst 1995). En discordancia angular, yacen las rocas volcánicas clásticas liásicas de la Formación Roca Blanca (Herbst 1965), de gran desarrollo en la zona de estudio. Se trata de una secuencia de tobas, areniscas y tufitas de ambiente fluvial a la cual se habría sobreimpuesto un ciclo piroclástico ácido (de Barrio *et al.* 1999).

Las rocas hipabisales de la Formación Cerro León (Pezzi 1970) intruyen a las unidades mencionadas en el párrafo precedente. Son rocas de composición básica a intermedia que se presentan como filones capa de diabasa en el sector este del área y al este del puesto El Tranquilo. En el Cerro León, localidad tipo de esta unidad, aflora un pórfido andesítico subcircular (de Barrio *et al.* 1999), en tanto que en el sector central del área (Fig. 1), e intruyendo a las sedimentitas del Grupo El Tranquilo, se presentan dos cuerpos plutónicos de composición básica con facies pneumatolíticas asociadas (Jovic *et al.* 2006). Estos cuerpos subvolcánicos se vinculan con el episodio magmático que dio origen a la Formación Bajo Pobre (Turic 1969) en el Bajociano y, en consecuencia, se asocian temporalmente al mismo (Panza 1994). Por su parte, Guido *et al.* (2004) obtuvieron una edad jurásica inferior en un conjunto de diques y filones capa basálticos a andesíticos en el sector oriental del macizo del Deseado, interpretándolos como las primeras evidencias magmáticas del Jurásico en el macizo del Deseado.

Las unidades precedentes están cubiertas por volcanitas del Jurásico medio a superior (Pankhurst *et al.* 2000), basaltos y andesitas de la Formación Bajo Pobre e ignimbritas riolíticas del Grupo Bahía Lau-

ra (Lesta y Ferello 1972).

Finalmente la secuencia se completa con los derrames de lavas basálticas de las formaciones Basalto Las Mercedes (Cretácico superior), Basalto Cerro del Doce (Eoceno), y Basalto La Angelita del Pleistoceno medio a superior (Panza 1982), y un conjunto de sedimentos modernos no diferenciados, formados por material aluvial y coluvial.

Los rasgos estructurales más sobresalientes del área son el domamiento regional (15 a 20 km de diámetro) del anticlinal El Tranquilo, evidenciado por el suave plegamiento de las rocas volcánicas liásicas, y la falla El Tranquilo que se manifiesta como un crestón silicificado de 11 km de largo, con un rumbo N325° e inclinación general NE con alto ángulo (Jovic *et al.* 2006). El eje del domamiento anticlinal es aproximadamente subparalelo a la falla (Fig. 1). Otras fallas importantes son, la falla Pirineos, de orientación NE y que cruza a la falla El Tranquilo en el sector central del área (Fig. 1), y la falla Cañadón Largo de orientación NNE. Es posible reconocer varias estructuras con diferentes actitudes y desplazamientos, que en general responden a un sistema de fracturamiento de tipo radial, el cual se encuentra asociado al domamiento regional (Fig. 1). Estas fallas están localizadas en la periferia del área y, en general, no están mineralizadas.

Asimismo, Jovic *et al.* (2006) mencionan la presencia de sectores con deformación restringida, expresada por estructuras dómicas de menores dimensiones (< 1 km), que no se encuentran asociadas al domamiento regional (Fig. 1).

## MINERALIZACION

El depósito Cerro León se encuentra ubicado en el sector central del área del anticlinal El Tranquilo y está asociado a la falla El Tranquilo. Está compuesto por un conjunto de vetas de cuarzo y sulfuros que se encuentran hospedadas en las sedimentitas y rocas volcánicas del Grupo El Tranquilo y de la Formación Roca Blanca. La depositación de las vetas

está regida por el desarrollo de *strike-slip duplexes* extensionales de tipo sinistral, formado por la falla El Tranquilo, como estructura principal, a la que se le asocia un sistema de fallas secundarias caracterizadas por dos direcciones principales de acimut N300°-N310° y N330°-N325° e inclinaciones al SO con un alto ángulo de entre 60°-80° (Jovic *et al.* 2006).

Las mineralizaciones se caracterizan por tres pulsos mineralizantes (Jovic *et al.* 2005). El primer pulso está representado por vetillas y brechas de cuarzo blanco a gris con textura maciza y pirita. El segundo pulso presenta un alto contenido de sulfuros, que varía entre un 5% y 100% en volumen; se presenta como vetas de sulfuros masivos con bandeados, en algunos casos coliformes y cocardas, o como brechas, cuarzo y arcillas. El tercer pulso está caracterizado por cuarzo blanco cristalino con texturas en peine y por brechas de sílice ferruginosa y de óxidos de Fe-Mn.

La alteración hidrotermal está muy poco desarrollada y genera halos reducidos en cercanías a las vetas, principalmente silicificación, piritización, argilización (principalmente caolinita) y sericitización.

En superficie las vetas presentan afloramientos reducidos, formados por cuarzo blanco a gris con cavidades rellenas de limonitas y en menor medida por sulfuros, vetillas de cuarzo y limonitas y brechas ferruginosas y de óxidos de Fe-Mn. En algunos sectores, las vetas están formadas por una alta concentración de limonitas, arcillas rojas y piritización penetrativa de la roca de caja, generando importantes zonas de oxidación o sombreros de Fe (*gossans*) (Jovic *et al.* 2005).

En profundidad, por debajo del nivel de oxidación, la mineralización presenta una alta concentración de sulfuros, formando vetas y brechas de hasta nueve metros de potencia y con una mineralogía compleja formada por pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, ferrokesterita, casiterita, wolframita, sulfosales de Bi-Ag-Pb, argentita, freibergita, otras sulfosales de Ag, esfalerita rica en In, tetraedrita, enargita, galena, bournonita, greenockita y

wurtzita (Jovic *et al.* 2005).

La signatura geoquímica de esta mineralización polimetálica está caracterizada por la presencia de anomalías en Sn, Cd e In, junto con Zn y Ag y también con altos contenidos de Cu, Mn, Pb, W, Bi y Au (Guido *et al.* 2005).

## METODOLOGÍA UTILIZADA

Los datos aeromagnéticos del área del anticlinal El Tranquilo (SEGEMAR 1998) están constituidos por perfiles norte-sur y espaciamiento de 1 km, con intervalos de muestreo de 8 m, efectuados a una altura media sobre el terreno de 100 m. Los perfiles magnéticos fueron reducidos a una cuadrícula regular de 250 m de lado utilizando el software *Oasis montaje 6.3.1*. Se generaron diferentes imágenes, como por ejemplo los mapas de la intensidad del campo magnético total reducida al polo (RTP, Fig. 2) y de la primera derivada vertical del campo magnético reducido al polo (Fig. 3).

Para el reconocimiento de la continuidad en profundidad de las estructuras y anomalías magnéticas se utilizaron mapas de continuación ascendente de la intensidad del campo magnético reducido al polo a intervalos de 1 km (desde 1 hasta 7 km). Debido a que los sedimentos cuaternarios no magnéticos son "transparentes" para este método geofísico, las imágenes aeromagnéticas analizadas permitieron identificar cuerpos rocosos localizados en la sub-superficie, e inclusive por debajo de la capa volcániclastica expuesta en la región. Asimismo, se identificaron lineamientos magnéticos, originados por fallas y fracturas, tanto en el mapa de campo magnético total reducido al polo, como en el de su primera derivada vertical. La interpretación geológica cualitativa de la información aeromagnética en su conjunto se presenta en un mapa de la geología "sólida" (Fig. 4), donde se pueden apreciar los dominios litomagnéticos y los lineamientos magnéticos identificados. A diferencia de un mapa geológico convencional, el mapa de geología sólida está desprovisto de la cobertura no mag-

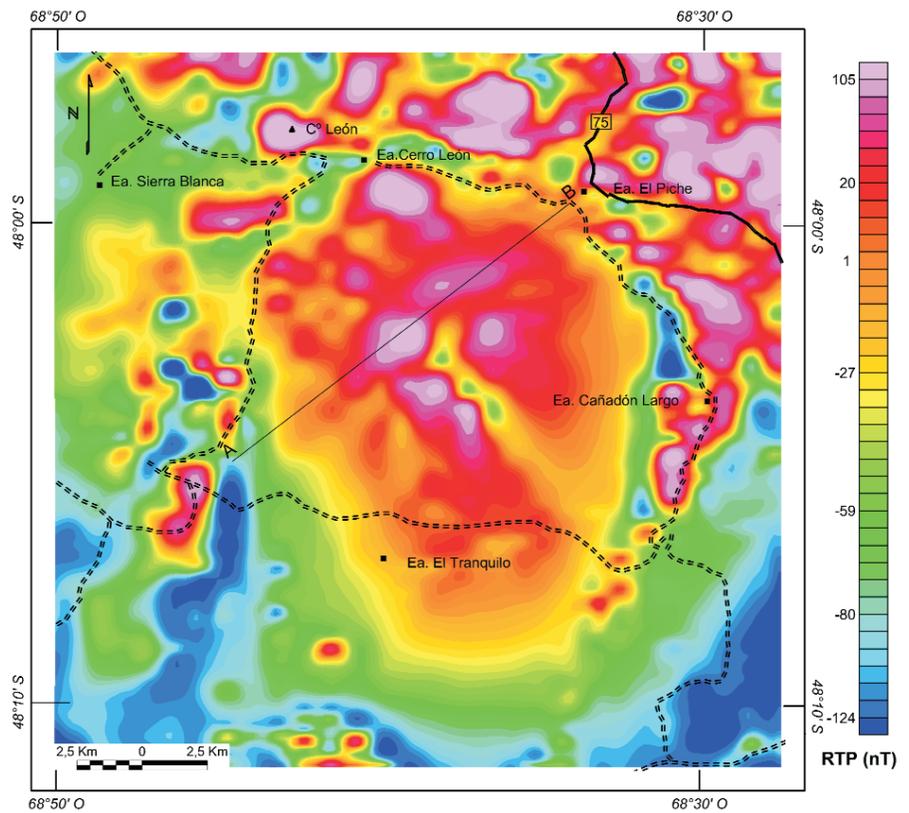


Figura 2: Mapa de la intensidad del campo magnético total reducida al polo (RTP) de la zona de estudio

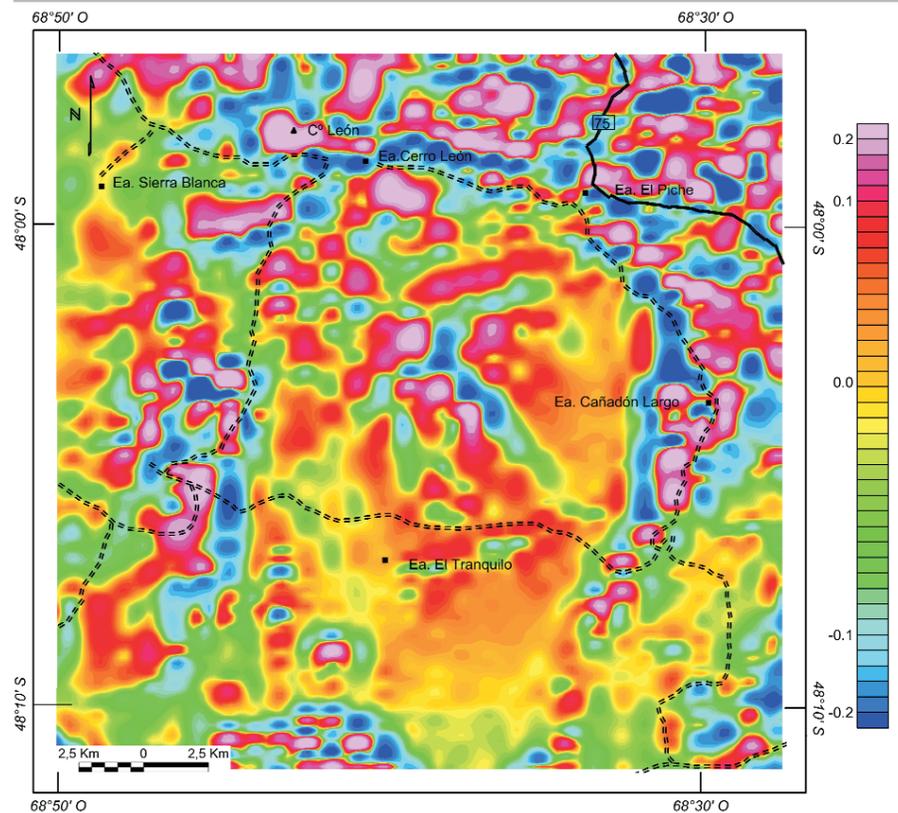


Figura 3: Mapa de la primera derivada vertical del campo magnético total reducido al polo de la zona de estudio.

nética, fundamentalmente los sedimentos cuaternarios, incluyéndose también la localización de cuerpos rocosos no aflorantes (p. ej.: Chericoff 2001, Peñalva *et al.* 2005).

Finalmente se realizó un modelo cuantitativo (Fig. 5) del perfil magnético AB (Figs. 2 y 4) mediante la utilización del software *Model Vision Pro 3.0*.

Cabe mencionar, que para la interpretación geológica de la magnetometría, además de las observaciones geológicas realizadas sobre el terreno y el conocimiento geológico-estructural precedente de la región, se tomaron en cuenta las mediciones de susceptibilidad magnética de los tipos litológicos presentes en el área. Estas mediciones se realizaron in situ y sobre muestras representativas de cada unidad litológica, con un susceptibilímetro *Exploranium* modelo *KT-9*. En el cuadro 1 se presentan los valores medios de susceptibilidad característicos de cada una de las unidades rocosas del área del anticlinal El Tranquilo.

De manera concurrente, se analizó el significado geológico del contenido de radioelementos (potasio, uranio y torio) de las unidades litológicas expuestas en el área de estudio, proveniente del levantamiento gammaespectrométrico del macizo del Deseado (SEGEMAR 1998).

### INTERPRETACIÓN GEOFÍSICO-GEOLÓGICA

En el área del anticlinal El Tranquilo se identificaron cinco unidades litomagnéticas sobre la base de la interpretación geológica cualitativa del levantamiento aeromagnético (Fig. 4). Debe tomarse en cuenta que las unidades o dominios litomagnéticos indicados en este mapa de geología "sólida" son zonas con una señal magnética uniforme dada por la intensidad y el gradiente del campo magnético. Pueden coincidir o no con las unidades litológicas aflorantes, dado que la cobertura sedimentaria es "transparente" al método magnetométrico, y están limitados por cambios en la firma magnética o por lineamientos magnéticos, general-

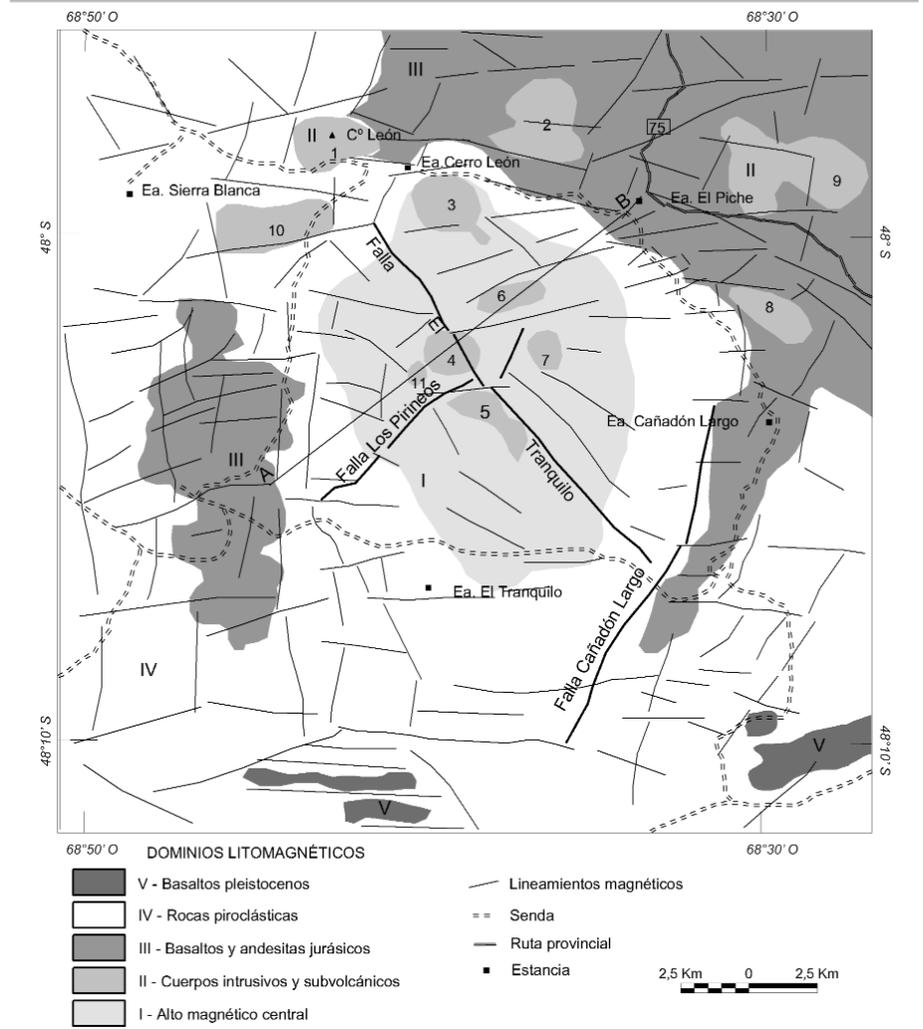


Figura 4: Mapa de interpretación geológica (geología "sólida") del levantamiento aeromagnético de la zona de estudio.

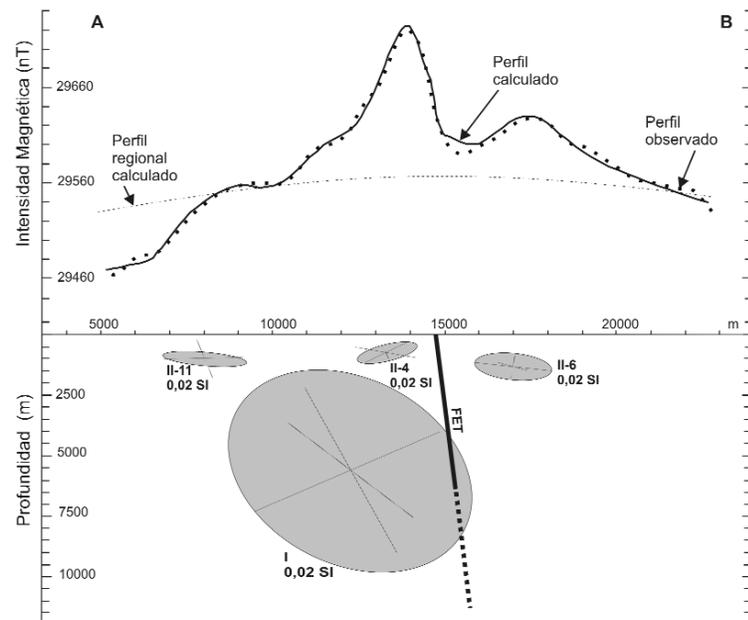


Figura 5: Modelo cuantitativo del perfil del campo magnético total (AB en Fig. 2 y 4) realizado sobre las anomalías I, II-4, II-6 y II-11.

**CUADRO 1:** Mediciones de susceptibilidad magnética de las principales unidades litológicas aflorantes en el área del anticlinal El Tranquilo.

Unidad	N° Muestra	Litología	N° Mediciones	SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA		
				Pomedio $\times 10^{-3}SI$	Desvío estándar	Promedio por unidad ( $10^{-3}SI$ )
Grupo El Tranquilo	4407a	arenisca	8	0,06	0,01	0,11
	4407b	pelitas	10	0,07	0,02	
	625	arenisca		0,1	0,02	
	612	arenisca	10	0,2	0,02	
Formación Roca Blanca	4201	tufita	11	0,02	0,03	0,05
	4402	tufita	7	0,01	0	
	607	tufita	10	0,05	0,02	
	630	tufita	10	0,1	0,05	
Formación Cerro León	4409	roca porfírica básica	11	1,05	0,29	22,59
	4412	roca porfírica básica	12	41,11	6,04	
	5619	roca porfírica básica	10	1,02	0,15	
	5744	diabasa	10	0,34	0,05	
	610	diabasa	10	50,54	1,59	
	611	diabasa	10	61,68	2,78	
	626	dique básico	10	19,27	1,39	
	5774	dique básico	10	7,55	0,96	
	4404	pórfido andesítico	10	20,64	2,65	
	5598	pórfido andesítico	10	19,43	3,74	
	5599	pórfido andesítico	10	18,81	3,98	
	7751	pórfido andesítico	10	11,21	1,41	
	602	pórfido andesítico	10	29,1	0,95	
	603	pórfido andesítico	10	27,6	1,32	
604	pórfido andesítico	10	29,5	1,06		
Formación Bajo Pobre	4203	basalto	11	2,28	0,92	13,3
	4205	andesita	11	11,83	2,18	
	4401	basalto	11	14,45	5,54	
	5589	andesita	11	18,87	1,83	
	624	andesita	10	29,83	0,95	
Grupo Bahía Laura	5601	basalto	10	2,52	0,54	0,98
	4204	ignimbrita	10	2,82	0,45	
Basaltos modernos	618	ignimbrita	10	0,1	0,01	1,34
	5732	ignimbrita	7	0,01	0,01	
	4408	basalto	10	0,46	0,1	
	5625	basalto	10	2,22	0,34	

mente originados por contactos litológicos, fracturas y/o fallas.

### Dominio I - Anomalía magnética central

Se trata de una anomalía magnética subcircular de aproximadamente 12 km de diámetro, ubicada en el sector central del área de estudio. Coincide en extensión y ubicación con el anticlinal El Tranquilo formado por los afloramientos del Grupo El Tranquilo y la Formación Roca Blanca.

Se caracteriza por una intensidad mediana a alta del campo magnético, asociada a un bajo gradiente magnético. En el mo-

delo cuantitativo presentado en la figura 5 esta anomalía se ha modelizado con un cuerpo elipsoidal con semieje mayor de 5047 m de orientación N164° /40°, semieje intermedio de 3.820 m, y menor de 3.278 metros. La profundidad al centro del cuerpo es de 5.616 m, mientras que la profundidad mínima al techo es de 1.400 metros. La susceptibilidad de este cuerpo (0,02 SI) corresponde al valor promedio calculado para la Formación Cerro León (Cuadro 1). Para la modelización se eligió una caja de rocas no magnéticas, debido a la baja susceptibilidad presentada por el paquete sedimentario triásico - liásico (Cuadro 1).

### Dominio II - Cuerpos intrusivos y subvolcánicos

Se incluyen en este dominio a una serie de altos magnéticos subcirculares a elipsoidales de aproximadamente 1 km de diámetro. Se ubican en la porción centro noreste del área de estudio y su señal magnética de alto gradiente se superpone tanto con el alto magnético central como con la señal proveniente de los basaltos y andesitas jurásicos. Algunas de estas anomalías magnéticas coinciden en ubicación con los cuerpos plutónicos básicos (anomalía II-5 en Fig. 4) y los cuerpos subvolcánicos andesíticos (anomalías II-1 y II-2 en Fig. 4) de la Formación Cerro León. En la figura 5 se han modelizado las anomalías II-4, II-6 y II-11 como elipsoides cuyos centros se ubican a 757, 1.371 y 990 m respectivamente. El valor de susceptibilidad (0,02 SI) corresponde al valor promedio calculado para la Formación Cerro León (Cuadro 1). Las profundidades mínimas al techo de estos cuerpos son de 242 m (anomalía II-4), 804 m (anomalía II-6) y 685 m (anomalía II-11).

### Dominio III - Volcanitas jurásicas

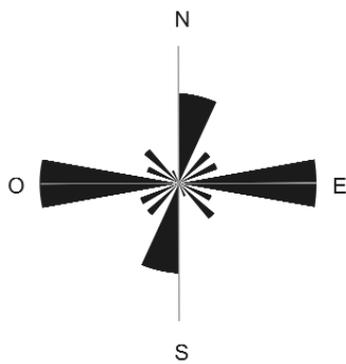
Este dominio litomagnético se ubica principalmente en el sector este, noreste y norte del área de estudio, y en menor medida, en el sector oeste. Presenta alta intensidad del campo magnético y alto gradiente magnético. Se incluyen aquí, a los basaltos y andesitas de la Formación Bajo Pobre.

### Dominio IV - Rocas piroclásticas

Pertenecen a este dominio las rocas volcánicas del Grupo Bahía Laura y las facies piroclásticas de la Formación Roca Blanca. Se caracteriza por presentar una intensidad del campo magnético intermedia a baja asociada a un gradiente medio.

### Dominio V - Basaltos pleistocenos

Se incluye en este dominio a la formación Basalto La Angelita; se caracteriza por presentar un alto gradiente magnético, rasgo característico de rocas volcánicas



**Figura 6:** Diagrama de rosas de los lineamientos magnéticos del área del anticlinal El Tránsito, ponderados por su extensión.

superficiales subhorizontales. Asimismo se identificaron lineamientos magnéticos originados por fracturas y/o fallas (Fig. 4), con orientaciones E-O y NNE, y en menor medida NO, NE y NNO.

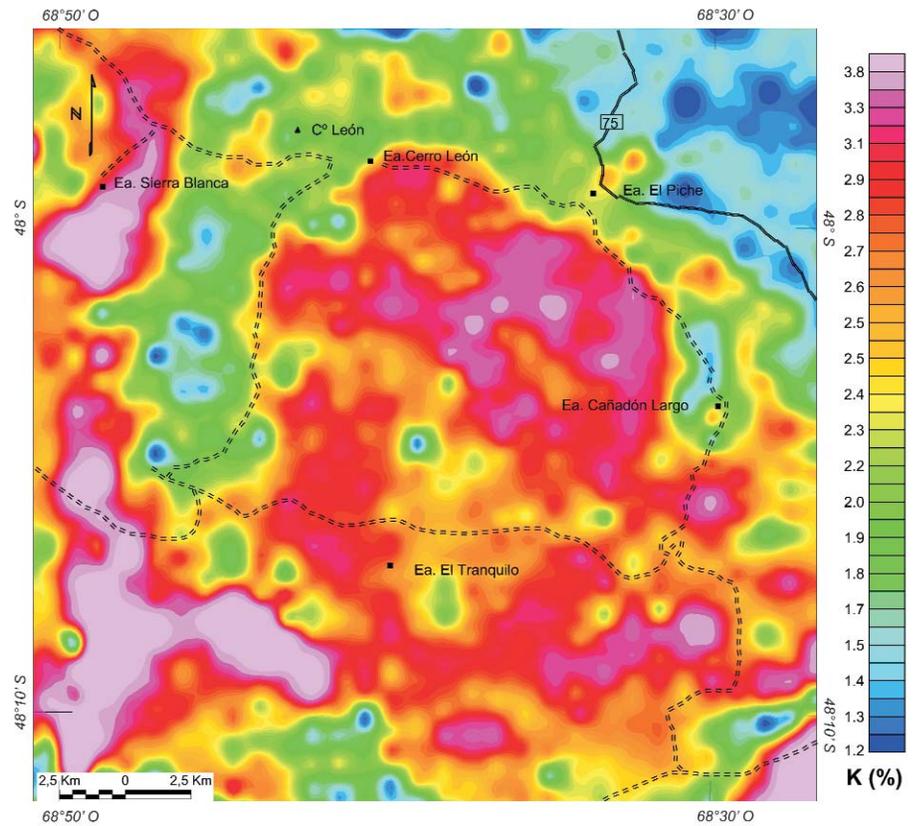
Los lineamientos de mayor frecuencia son los de orientación E-O a ENE y ESE, siendo la segunda orientación predominante la NNE (Fig. 6).

Sobre la anomalía magnética central (dominio I) se reconocen dos lineamientos de gran extensión con orientaciones NO y NE que se intersectan entre las anomalías II-4 y II-5; el lineamiento NO corresponde a la falla El Tránsito, mientras que el NE coincide en rumbo y ubicación con la falla Los Pirineos.

Otro lineamiento magnético que se destaca es la traza de la falla Cañadón Largo de rumbo NNE, que pone en contacto al Grupo Bahía Laura y a la Formación Bajo Pobre (al este) con la Formación Roca Blanca (al oeste).

Asimismo se identifica la presencia de un gran número de lineamientos de escasa extensión (aprox. 1 km) ubicados con disposición radial sobre el extremo este y noreste del dominio anomalía magnética central.

En cuanto al contenido de radioelementos (potasio, uranio y torio) de las unidades litológicas expuestas en el área de estudio, se citan los casos más notables. A modo de ejemplo se presenta el mapa del canal potasio (Fig. 7) por ser el más representativo para la zona.



**Figura 7:** Mapa gammaespectrométrico (concentración de potasio en %) de la zona de estudio.

Tanto el Grupo El Tránsito, como las tobas, tufitas y areniscas liásicas de la Formación Roca Blanca presentan altas respuestas gammaespectrométricas (K, Th, U). Las concentraciones de potasio oscilan entre 2 y 3,6 %, en tanto que presentan altos valores en torio (valor máximo: 17 ppm) y en uranio (valor máximo: 4,3 ppm). La alta concentración de radioelementos es comparable con afloramientos de ignimbritas tardías de alto grado de soldamiento de la Formación Chon Aike (Peñalva *et al.* 2004), y probablemente se deba a la composición ácida de los piroclastos de la Formación Roca Blanca.

El Grupo Bahía Laura, especialmente el afloramiento occidental, presenta altos valores en radioelementos, con promedios de 3,2 % K, 12 ppm Th y 2,5 ppm U, muy similares a los valores medios hallados en esta formación para todo el ámbito del macizo del Deseado (Peñalva 2004). En este caso también el carácter ácido de los piroclastos está relacionado

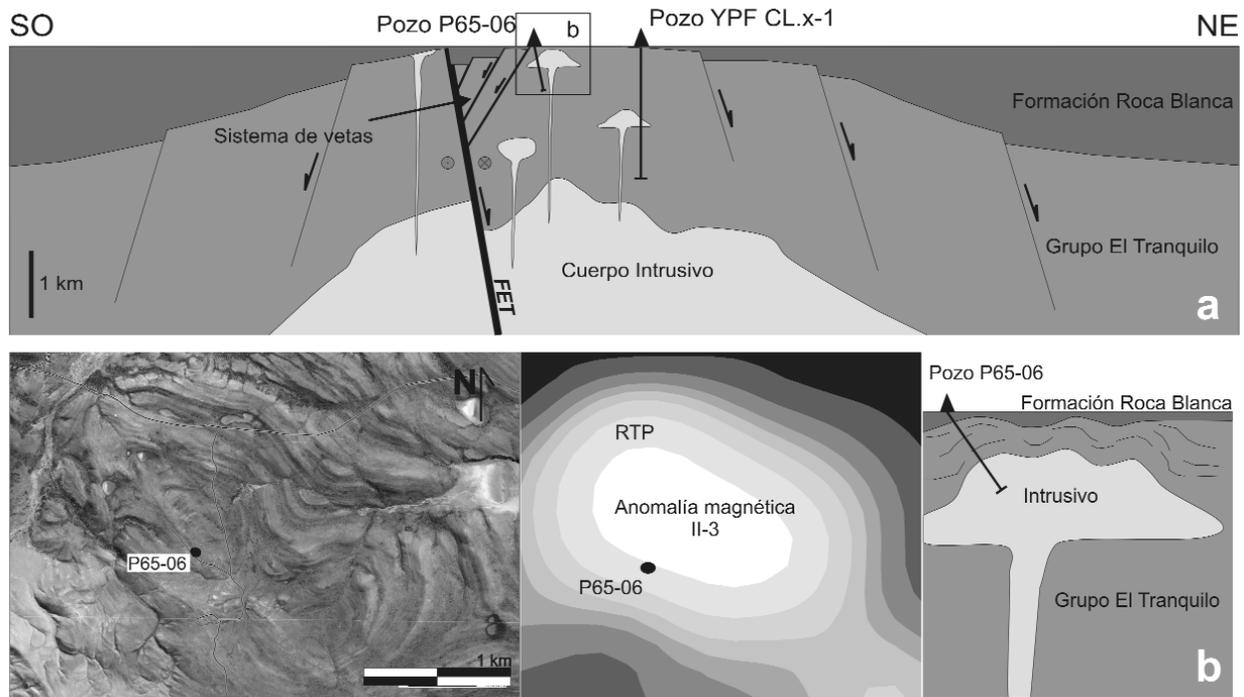
con el alto contenido de radioelementos de esta unidad litológica.

La Formación Bajo Pobre, especialmente hacia el extremo noreste del área de estudio, y los basaltos olivínicos cretácicos del Basalto Las Mercedes, y postcretácicos del Basalto Cerro del Doce y Basalto La Angelita se caracterizan por presentar las respuestas gammaespectrométricas más bajas de la zona de estudio (valores medios: 1,4 % K, 5,6 ppm Th, 1,7 ppm U).

A la escala de la "ventana" de observación dentro del levantamiento geofísico aéreo no se aprecian variaciones gammaespectrométricas locales que se puedan asociar a la presencia de zonas de alteración, debido a que la alteración hidrotermal está muy restringida a ambos lados de las vetas.

## DISCUSIÓN E INTERPRETACIONES

Los datos aeromagnéticos del área del



**Figura 8:** Modelo geológico estructural del área del anticlinal El Tranquilo. a: modelo geológico (modificado de Cortiñas *et al.* 2005); b: (de izquierda a derecha) imagen Ikonos, anomalía magnética (RTP) y modelo interpretado a partir de la perforación P65-06 y la anomalía magnética (modificado de Jovic *et al.* 2006).

anticlinal El Tranquilo permiten reconocer una importante anomalía subcircular (dominio I - anomalía magnética central) que coincide con los afloramientos del Grupo El Tranquilo y la Formación Roca Blanca. Teniendo en cuenta las bajas susceptibilidades magnéticas registradas en muestras de ambas unidades geológicas (Cuadro 1) y que en general, las rocas sedimentarias son transparentes al método magnético, resulta difícil explicar la anomalía magnética positiva como causada por este paquete sedimentario.

Por otra parte, además del afloramiento principal de la Formación Roca Blanca en el área del anticlinal El Tranquilo, existen afloramientos subordinados, dos ubicados al oeste y al sur respectivamente de la estancia Roca Blanca, y otro ubicado en los alrededores de la estancia El Cóndor ya fuera del área de estudio. Todos ellos, a diferencia del sector principal de afloramientos, se caracterizan por presentar baja intensidad del campo magnético, si bien la litología (Panza 1994) es similar a la del afloramiento principal. Si planteamos la hipótesis de que la ano-

malía subcircular es causada por una fuente magnética más profunda ubicada por debajo del Grupo El Tranquilo, y tenemos en cuenta que tanto esta unidad como la Formación Roca Blanca están plegadas y replegadas, no se han encontrado niveles guía, y están afectadas por fallas de diferentes rechazos, factores que sugieren posibles fenómenos de repetición o de superposición de estratos (Panza 1994), la señal magnética debería verse disminuida debido a la presencia del gran paquete sedimentario. Por otra parte, si bien Somoza *et al.* (2005) encontraron que el Grupo El Tranquilo (Formación Cañadón Largo) posee magnetización de polaridad normal portada por magnetita autigénica, esta remanencia magnética de origen químico, y por lo tanto, muy débil, sugiere que de existir un cuerpo magnético no aflorante por debajo del Grupo El Tranquilo, su señal se vería intensificada si ambas polaridades magnéticas fueran normales. Cabe señalar que Somoza *et al.* (2005) indican que la magnetita, al menos localmente, se origina debido a la intrusión de filones capa de la Formación Ce-

rrero León.

Lo expuesto anteriormente descarta que la anomalía magnética central esté causada por el gran paquete sedimentario triásico - liásico. Por lo tanto, se interpreta al dominio litomagnético I como un intrusivo no aflorante que subyace al Grupo El Tranquilo y a la Formación Roca Blanca, generando por su intrusión el domamiento regional del anticlinal El Tranquilo y el fracturamiento radial asociado. Este cuerpo intrusivo, modelizado en la figura 5 como un elipsoide, tendría un diámetro aproximado de 9 km en planta y una profundidad hasta su centro de 5,6 km, siendo la profundidad mínima hasta su techo de 1.400 m. En la figura 8 a se presenta el modelo geológico estructural del área del anticlinal El Tranquilo. El dominio II -cuerpos intrusivos y subvolcánicos- se interpreta como stocks o apófisis alimentadas por el cuerpo intrusivo mayor. Corroboran esta hipótesis el hecho de que las anomalías II-1, II-2 y II-5 coincidan en superficie con afloramientos de la Formación Cerro León. Existen importantes anomalías magnetométricas

incluidas en este dominio que si bien no se corresponden con afloramientos de intrusivos y cuerpos subvolcánicos, se interpretan como cuerpos someros no aflorantes, semejantes a los que se presentan en el área (Formación Cerro León) y que son los que estarían causando una deformación localizada debido a su intrusión, como por ejemplo la deformación localizada sobre la anomalía II-3 (Fig. 8 b). La presencia de un cuerpo subvolcánico no aflorante como causante de la anomalía II-3, queda confirmada por una perforación (Argentex Mining Corporation, com. pers.), que intersecta a una roca porfirica de composición andesítica a 80 m de profundidad (Fig. 8 b). La presencia de intrusivos subsuperficiales también ha sido corroborada por la perforación CL.x-1 de la empresa YPF, realizada sobre la traza de la línea sísmica en cercanías de la falla El Tranquilo (Figs. 1 y 8 a). Esta perforación atravesó un cuerpo de roca ígnea básica de la Formación Cerro León de 160 m de potencia a una profundidad de 580 m (Cortiñas *et al.* 2005). Si bien algunas de estas anomalías se ubican directamente debajo de las mineralizaciones vetiformes, la ausencia de minerales magnéticos en la mineralización las descarta como posible fuentes magnéticas.

Cabe destacar que el sector central del área presenta un agrupamiento de cuerpos someros (dominio II - anomalías II-4, II-5, II-6, II-7 y II-11 en Fig. 4) que se ubican en los alrededores de la intersección de la falla El Tranquilo con la falla Los Pirineos. El modelo cuantitativo de las anomalías magnéticas II-4, II-6 y II-11 (Fig. 5) indica que son cuerpos subcirculares con un diámetro máximo de 3000 m, ubicados entre 242 y 800 m de profundidad. La anomalía II-6, de morfología elongada y rumbo ENE, se ubica entre dos lineamientos magnéticos, uno de los cuales coincide en superficie con una falla del sistema radial. Además, las principales vetas del depósito Cerro León también se encuentran ubicadas en el sector central del área por sobre la ubicación de los cuerpos someros, y aquéllas

que presentan el mayor contenido de sulfuros se ubican sobre la anomalía II-6. Estas evidencias, sumadas a las características de la mineralización, sugieren una posible relación genética de la mineralización con los cuerpos intrusivos y subvolcánicos y un importante control estructural para el ascenso del magma, como así también para el emplazamiento de las mineralizaciones.

## CONCLUSIONES

Las características geológicas tales como la presencia de cuerpos intrusivos y subvolcánicos someros básicos a intermedios y de las mineralizaciones con alto contenido de sulfuros del área del anticlinal El Tranquilo, son particulares y poco representadas en el macizo del Deseado. Debido a la relación espacial que guardan los cuerpos intrusivos y subvolcánicos con las vetas, sumado al alto contenido de sulfuros y la signatura geoquímica de la mineralización, se interpreta que la mineralización polimetálica del depósito Cerro León posiblemente tenga una relación genética con los cuerpos intrusivos subyacentes y circundantes, y por tanto, existiría un aporte magmático en los fluidos.

La aeromagnetometría funciona como una importante herramienta de prospección minera para esta área, ya que permite localizar cuerpos intrusivos (causantes de las anomalías magnéticas) que se encuentran asociados a mineralizaciones polimetálicas. Esto sugiere que estas anomalías deben tomarse en cuenta como blancos de futuras exploraciones en el área y también en otros sectores del macizo del Deseado.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR) por el permiso de utilizar los datos geofísicos aéreos del macizo del Deseado, y a la empresa minera Argentex Mining Corporation, por el apoyo logístico en los trabajos de cam-

po y por permitir el uso de los datos de perforación.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Chebli, G.A., Gebhard, J. y Menzel, M. 1976. Estratigrafía y magmatismo en la zona de la estancia La Juanita y alrededores (Dpto. Deseado), provincia de Santa Cruz. 6° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 355-373.
- Chernicoff, C.J. 2001. Interpretación geofísico-geológica del levantamiento aeromagnético de la región noroccidental de la Provincia de Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(3): 268-280.
- Cortiñas, J., Homoc, J., Lucero, M., Gobbo E., Laffitte, G., y Viera, A. 2005. Las cuencas de la región del Deseado, provincia de Santa Cruz. En Chebli, A. G., Cortiñas J. S., Spalletti, L. A., Legarreta, L. y Vallejo E. L. (eds.) Frontera exploratoria de la Argentina, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 289-305, Buenos Aires.
- de Barrio, R.E., Panza, J.L. y Nullo, F.E. 1999. Jurásico y Cretácico del macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. En Caminos, R. (ed.) Geología Argentina, Anales 29(17): 511-527, Buenos Aires.
- Guido, D., Escayola, M., de Barrio, R., Schalamuk, I., Takashi Onoe, A. 2004. Edad y rasgos petrográficos y geoquímicas de cuerpos subvolcánicos asignables a la Formación Cerro León, este del macizo del Deseado, Santa Cruz. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(4): 707-714.
- Guido, D., Jovic, S. y Schalamuk I. 2005. A new metallogenic association (Sn-Cd-In-Zn-Ag-Au) in the Deseado Auroargentiferous province, Deseado Massif, Patagonia, Argentina. Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge-8th SGA Meeting 2: 965-968, Beijing.
- Herbst, R. 1965. La flora fósil de la Formación Roca Blanca, provincia de Santa Cruz, Patagonia, con consideraciones geológicas y estratigráficas. Opera Lilloana, 12: 1-102.
- Jalfin G. y Herbst, R. 1995. La Flora triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz (Patagonia). Estratigrafía. Ameghiniana 32(3): 211-229.
- Jovic, S., Guido, D., Tiberi, P., Schalamuk, I. 2004. Cerro León, una variación del modelo epiter-

- mal de baja sulfuración del macizo del Deseado. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogía, Actas: 225-230, Córdoba.
- Jovic, S., Guido, D., Schalamuk, I., Melgarejo, J.C. y Proenza, J. 2005. Mineralogía de veta Ivonne, depósito Cerro León: ¿Paragénesis de alta temperatura en la Provincia Auroargentina del Deseado? 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 257-262, La Plata.
- Jovic, S., Guido, D., Páez, G., López, R. y Schalamuk, I. 2006. Marco estructural de las mineralizaciones polimetálicas del área del anticlinal El Tranquilo, macizo del Deseado, Santa Cruz. Trabajo enviado a la 13° Reunión de Tectónica, Comisión de Tectónica, Asociación Geológica Argentina, Actas CD XIII RT:ISBN: 978-987-1031-49-8, San Luis.
- Lesta, P. y Ferello, R. 1972. Región extrandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En Leanza, A.F. (ed.) Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 601-653, Córdoba.
- Pankhurst, R., Riley, T., Fanning, C. y Kelley, S. 2000. Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of magmatism associated with the Break-up of Gondwana. *Journal of Petrology* 41(5): 605-625.
- Panza, J.L. 1982. Descripción geológica de las Hojas 53e "Gobernador Moyano" y 54e "Cerro Vanguardia". Servicio Geológico Nacional, 197 p. (inédito), Buenos Aires.
- Panza, J.L., 1994. Hoja Geológica 4969-II, Tres Cerros, escala 1:250.000. Servicio Geológico-Minero Argentino. Boletín 213, 103 p., Buenos Aires.
- Peñalva, G.A. 2004. Interpretación geológica del levantamiento gammaespectrométrico del macizo del Deseado. Distribución de radioelementos (K, U y Th) en la Formación Chon Aike. SEGEMAR. Serie Contribuciones Técnicas (Geofísica), 13, 25 p. (ISSN 0328-2317), Buenos Aires.
- Peñalva, G. A., Chernicoff, C. J., Fernández, R. y Palacio, B. 2004. Identificación de alteración hidrotermal en la Formación Chon Aike mediante la aplicación de espectrometría de rayos gamma, sector central del macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogía, Actas: 267-272, Río Cuarto.
- Peñalva, G.A., Moreira, P. y Chernicoff, C.J. 2005. Área La Josefina, macizo del Deseado, Prov. De Santa Cruz: Nuevas evidencias geofísicas y geoquímicas. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 807-814, La Plata.
- Pezzi, E.E. 1970. Informe geológico preliminar zona Los Pirineos-Cañadón Largo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, (inédito) 49p., Buenos Aires.
- SEGEMAR, 1998. Levantamiento geofísico aéreo (magnetometría y espectrometría de rayos gamma) Bloque macizo del Deseado. Datos digitales. Servicio Geológico-Minero Argentino.
- Somoza R., Vizán, H. y Taylor, G.K. 2005. Rotaciones tectónicas en el macizo del Deseado durante el desmembramiento de Gondwana. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 403-410, La Plata.
- Turic, M.A. 1969. Perfiles estratigráficos al sur del curso medio del Río Deseado, entre Punta España y Meseta Baqueró, provincia de Santa Cruz. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 55p. (inédito), Buenos Aires.

Recibido: 9 de octubre, 2006

Aprobado: 22 de noviembre, 2007