

# DESCUBRIMIENTO Y MODELIZACIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS EN VETAS POLIMETÁLICAS A PARTIR DE EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA, PROYECTO PINGÜINO, MACIZO DEL DESEADO

Diego M. GUIDO<sup>1,2</sup>, Sebastián M. JOVIC<sup>1,2</sup>, Horacio ECHEVESTE<sup>1,3</sup>, Mario O. TESSONE<sup>1</sup>, Leduar. RAMAYO CORTES<sup>1</sup> e Isidoro B. SCHALAMUK<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Minerales (INREMI) Universidad Nacional de La Plata-CICBA. Email: diegoguido@yahoo.com

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires (CICBA)

## RESUMEN

El macizo del Deseado contiene numerosas mineralizaciones epitermales de oro y plata asociadas al evento magmático extensional jurásico medio a superior. En el proyecto Pingüino, en función de condiciones estructurales particulares, se exponen rocas magmáticas del Jurásico inferior, correspondientes al inicio del evento extensional. Esto condiciona la ubicación de una mineralización atípica, caracterizada por la superposición de menas polimetálicas (Zn, In, Pb, Ag, Au, Cu, con As, Cd, Sn, W, Bi) y argentíferas (Ag y Au, con Zn y Pb). El descubrimiento de esta mineralización ha sido llevado adelante desde 2004 por la empresa Argentex Mining Corporation, con participación del grupo de geólogos del Instituto de Recursos Minerales (INREMI) desde el 2005. De todas las metodologías empleadas, la geoeléctrica de polarización inducida representa el método más eficaz y confiable para la prospección de vetas polimetálicas en el área. Las anomalías de cargabilidad, debidamente controladas con tareas de campo, constituyen una herramienta adecuada de prospección. A modo de ejemplo, se ha considerado uno de los siete sectores relevados por el equipo geológico-geofísico del INREMI, donde se han determinado tres categorías de anomalías de cargabilidad: A, B y C en orden decreciente, en función de su magnitud, continuidad vertical y lateral, y relación espacial con mineralización aflorante. La anomalía de mayor jerarquía fue perforada y uno de los pozos (P200-08) resultó ser el tramo de mayor ley de metales base de todo el proyecto (12,49 metros con 2,25 gr/ton de Au equivalente, 13,44 % entre Zn y Pb y 31 gr/ton de In).

Palabras clave: *Anomalías geoeléctricas, Vetas de sulfuros, Cerro León, Santa Cruz, Patagonia.*

**ABSTRACT:** *Polymetallic ore-shoots discovery and modelization with geoelectric surveys. Pingüino project, Deseado Massif.* The Deseado Massif has numerous gold and silver epithermal occurrences related to the middle to upper Jurassic magmatic event. The Pingüino project, according to particular structural conditions, exposes lower Jurassic magmatic rocks which belong to the beginning of the extensional event. This is conditioning the location of an atypical mineralization, characterized by the overlapping of polymetallic (Zn, In, Pb, Ag, Au, Cu, with As, Cd, Sn, W, Bi) and argentiferous ore (Ag and Au, with Zn and Pb). The discovery of this mineralization was carried out since 2004 by Argentex Mining Corporation, with participation of the geological group of the *Instituto de Recursos Minerales* (INREMI) since 2005. Considering all the exploration techniques, the induced polarization geoelectric survey is the most precise and trustable method to explore polymetallic veins in the area. The chargeability anomalies, controlled in the field, are an unequivocal exploration tool. As an example, one of the seven areas surveyed by the geological-geophysical team of the INREMI was considered. Three categories of chargeability anomalies were defined: A, B and C, in decreasing order of importance, according to intensity, vertical and lateral continuity, and spatial relationship with outcropping mineralization. The most important anomaly was drilled, and one of the holes (P200-08) becomes the most important base metal intersection of the entire project (12.49 meters with 2.25 gr/ton Au equivalent, 13.44 % between Zn and Pb and 31 gr/ton In).

Keywords: *Geoelectric anomalies, Sulphide veins, Cerro León, Santa Cruz, Patagonia.*

## INTRODUCCIÓN

La provincia geológica macizo del Deseado está localizada en el norte de Santa

Cruz. Su característica más destacada es la presencia de depósitos económicamente explotables de tipo epitermal; espacial, temporal y genéticamente relacio-

nados al magmatismo jurásico (Guido y Schalamuk 2003).

Este magmatismo se inicia en el Jurásico temprano con las plutonitas de la For-

mación La Leona (Varela *et al.* 1991), los cuerpos hipabisales de la Formación Cerro León (Guido *et al.* 2004) y las volcanitas retrabajadas de la Formación Roca Blanca (Herbst 1965), para luego dar lugar al evento de mayor envergadura: el volcanismo bimodal del Complejo Bahía Laura (Feruglio 1949, Guido 2004).

El macizo del Deseado es actualmente un importante productor de oro y plata, con cuatro minas en producción (Cerro Vanguardia, Mina Martha y Manantial Espejo, San José, ).

Las mineralizaciones del macizo del Deseado presentan características típicas de depósitos epitermales de baja sulfuración, llevando a Schalamuk *et al.* (1999) a proponer una nueva entidad metalogénica, la provincia auroargentífera del Deseado. Las mineralizaciones de esta provincia están formadas por cuerpos vetiformes, con bajo contenido en sulfuros y minerales de ganga predominantemente silíceos. Estas vetas presentan importante control estructural, típicas texturas de cuarzo y alteraciones hidrotermales de baja temperatura. Las vetas se formaron a temperaturas entre 100 y 320°C, bajas salinidades (0,18 a 8% NaCl equivalente) y con gran aporte de fluidos meteóricos. La signatura geoquímica de estos depósitos se caracteriza por presentar Au y Ag, con contenidos anómalos de As, Sb, Hg y localmente de metales base: Pb, Zn y Cu (Guido y Schalamuk 2003).

En los últimos años, algunas mineralizaciones epitermales atípicas han sido determinadas en el macizo del Deseado. Uno de estos ejemplos lo constituye el proyecto Pingüino, donde las mineralizaciones vetiformes se diferencian por presentar abundantes sulfuros de metales base, minerales de ganga silíceos y carbonáticos (Jovic *et al.* 2008a) y una signatura geoquímica compleja: Zn, Pb, Ag, In, Au, Cu, acompañados de tenores anómalos de Cd, W y Sn (Guido *et al.* 2005).

Pingüino se destaca por ser el primer hallazgo de mineralización polimetálica con indio del macizo del Deseado. El proyecto está en etapa de exploración avanzada, con más de 30.000 metros perforados

(269 pozos a diamantina) en 15 de sus 35 vetas, e iniciando la cubicación de 3 de las estructuras mineralizadas.

Los metales que se consideran económicos son Zn, Pb, Ag, In, Au y el Cu. Entre ellos se destaca el indio por ser un elemento poco convencional, que tiene una creciente demanda en industrias de alta tecnología, como la fabricación de pantallas de cristal líquido (LCD) y paneles solares.

La mineralización polimetálica del proyecto Pingüino fue descubierta en el año 2006 a través del trabajo conjunto entre la empresa minera Argentex Mining Corporation (propietaria del área) y geólogos del Instituto de Recursos Minerales (INREMI), en el marco de la tesis doctoral del Lic. Jovic.

Este descubrimiento se realizó a partir de un mapeo geológico del proyecto, mapeo y muestreo detallado de las mineralizaciones, pero fundamentalmente a través de la reinterpretación de estudios geoquímicos y geofísicos preexistentes.

De todas las metodologías de exploración empleadas en el proyecto Pingüino, la geoelectrónica, complementada con observaciones de campo, ha demostrado ser la más efectiva para la localización de las mineralizaciones en profundidad.

La presente contribución pretende dar a conocer las principales características geológicas del proyecto y los resultados del estudio geoelectrónico realizado en forma conjunta entre el equipo geológico-geofísico del INREMI y la empresa minera Argentex.

## PROYECTO PINGÜINO

El proyecto Pingüino, también denominado Cerro León por Jovic *et al.* (2004), se encuentra ubicado en el sector del anticlinal El Tranquilo, área central del macizo del Deseado. Este sector se destaca dentro de la provincia geológica por exponer rocas del inicio del magmatismo jurásico: Formaciones Roca Blanca y Cerro León. El proyecto se localiza 40 km al noroeste, y en la misma estructura regional, que el yacimiento auroargentífero de

clase mundial Cerro Vanguardia (Fig. 1a).

### Marco geológico y estructural

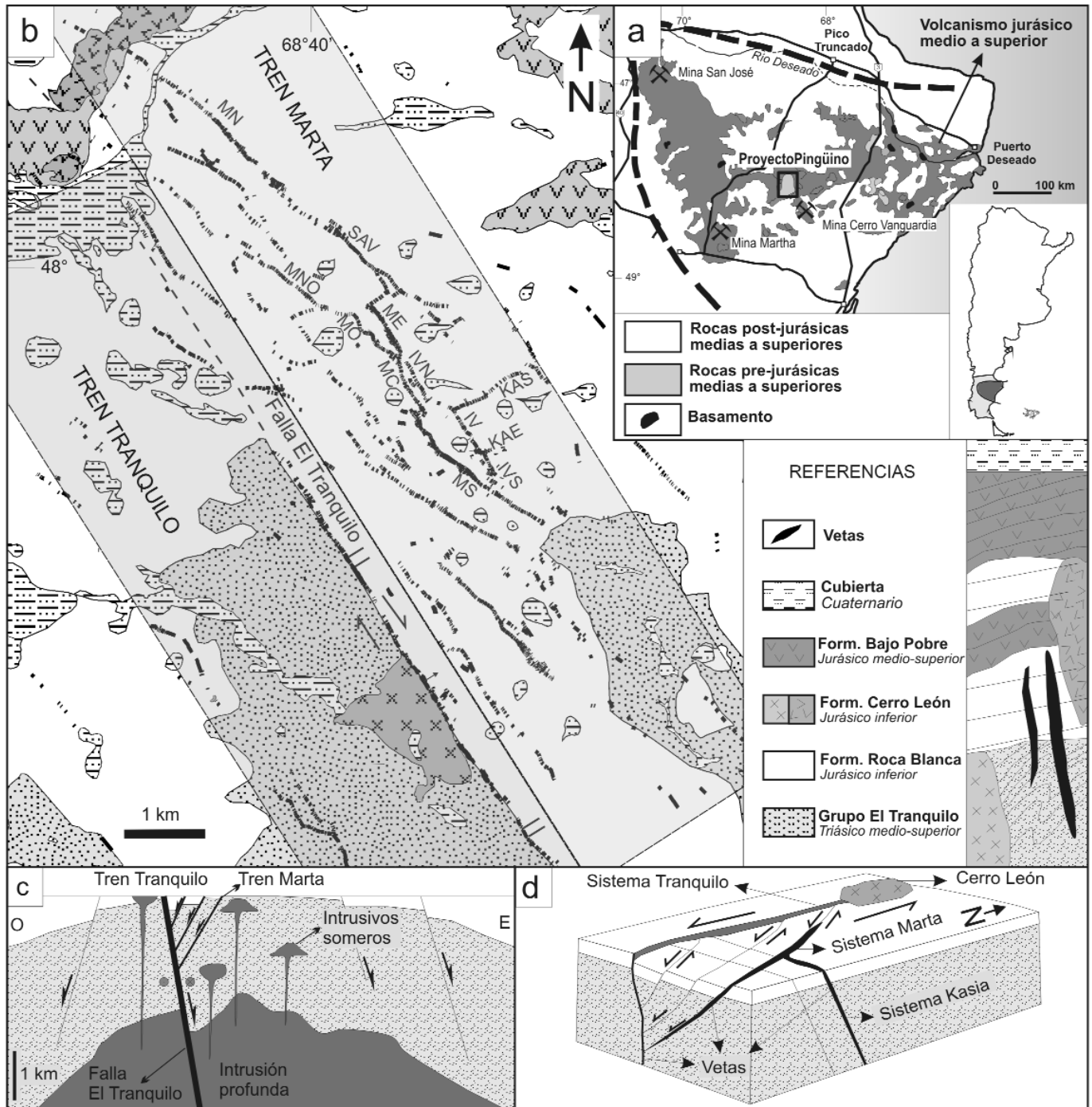
La secuencia estratigráfica (Fig. 1b) se inicia con sedimentitas continentales (areniscas, areniscas conglomerádicas y pelitas con contenidos de materia orgánica) del Grupo El Tranquilo, de edad triásica media a superior (Jalfin y Herbst 1995). Por encima, y en forma discordante, se presentan las rocas volcánicas (tufitas, con algunos niveles primarios) de la Formación Roca Blanca, y volcanitas andesíticas del Jurásico medio a superior de la Formación Bajo Pobre.

Intruyendo a estas tres unidades se presentan dioritas y pórfidos andesíticos atribuidos a la Formación Cerro León (Panza 1994). Estos intrusivos presentan diferencias entre sí: las dioritas intruyen solamente al Grupo El Tranquilo y los pórfidos andesíticos a las Formaciones Roca Blanca y Bajo Pobre; sin embargo parecen pertenecer a un mismo evento magmático jurásico inferior, con sutiles diferencias en cuanto a su composición y nivel de emplazamiento (Jovic *et al.* 2008b).

Completan la estratigrafía general depósitos aluviales, coluviales y de bajos y lagunas.

Los rasgos estructurales más sobresalientes del área son el domamiento regional y el sistema de falla El Tranquilo (Jovic *et al.* 2006). El domamiento produce una antiforma regional, con deformaciones locales y un sistema de fallas radiales asociadas, y es lo que da el nombre de anticlinal El Tranquilo a la región.

A partir del análisis de la magnetometría aérea del SEGEMAR y de líneas sísmicas de YPF, se ha determinado que el domamiento regional y el fallamiento radial fue producido por una intrusión profunda, a ~1,5 km de profundidad (Peñalva *et al.* 2008), que genera una anomalía subcircular de unos 9 km de diámetro. Las deformaciones locales fueron producidas por apófisis someras (100 a 350 m de profundidad) de ese cuerpo (Fig. 1c), que se manifiestan en la magnetometría como anomalías de menor diámetro y mayor gra-



**Figura 1:** a) Mapa geológico del Macizo del Deseado con ubicación del proyecto Pingüino; b) Mapa geológico-metalogénico y columna estratigráfica del proyecto Pingüino; c) Modelo geológico del área; d) Modelo estructural de las mineralizaciones. Vetas más importantes: MN Marta Norte, SAV Savary, MNO Marta Noroeste, ME Marta Este, MO Marta Oeste, MC Marta Centro, IVN Ivonne Norte, IV Ivonne, KAS Kasia, MS Marta Sur, IVS Ivonne Sur (modificado de Jovic *et al.* 2006).

diente. Estos cuerpos subvolcánicos se asocian espacialmente con las mineralizaciones, y uno de ellos, de composición intermedia, fue confirmado con datos de perforación (Peñalva *et al.* 2008).

El sistema de fallas El Tranquilo es un *strike slip duplex* extensional de tipo si-nestral (Fig. 1d), que controla el emplazamiento de las vetas (Jovic *et al.* 2006).

### Mineralización

Las mineralizaciones vetiformes del proyecto Pingüino se ubican sobre el sistema de fallas El Tranquilo, en dos trenes (Fig. 1b y c): el tren El Tranquilo y el tren

Marta, este último está ubicado a unos 2 a 3 km al este de la estructura principal, y es el sector donde se han concentrado la mayor parte de los trabajos exploratorios. Se han detectado 35 vetas (60,2 km lineales) hospedadas tanto en las sedimentitas del Grupo El Tranquilo, como en las tufitas de la Formación Roca Blanca.

Hay tres direcciones principales que contienen a las mineralizaciones. El sistema Marta (M) está caracterizado por dos orientaciones principales: N300°-N310° y N330°-N325°, e inclinaciones entre 80° y 60° al sudoeste. El sistema Kasia (K) presenta una dirección principal N260°-N250° e inclinaciones de 70° a 80° tanto hacia el norte como hacia el sur. El sistema Tranquilo (I) presenta dirección N330°-N325° e inclinaciones entre 70° y 80° al noreste (Fig.1d).

El depósito está caracterizado por la presencia de dos tipos de vetas superpuestas: vetas polimetálicas y vetas argentíferas.

Las vetas polimetálicas se encuentran arealmente restringidas a un sector de unos tres kilómetros de diámetro con centro en la veta Kasia. Se ubican encima de una de las anomalías magnetométricas de mayor gradiente que fueron interpretadas por Peñalva *et al.* (2008) como intrusivos someros de posible composición intermedia.

Las vetas polimetálicas presentan una importante cantidad de sulfuros de metales base (>20% del volumen) en ganga de cuarzo y carbonatos (siderita y rodocrosita), que se manifiestan en superficie como suaves lomadas alargadas donde se desarrollan sombreros de hierro. Las mismas presentan texturas de relleno y brechas que alcanzan hasta 15 metros de potencia, y presentan una mineralogía y signatura geoquímica compleja. La mineralogía se desarrolla en tres pulsos (Jovic *et al.* 2005 y Crespi *et al.* 2006), y la geoquímica evidencian contenidos en Zn, In, Pb, Ag, Au, Cu, con anomalías en As, Cd, Sn, W, Bi.

Las vetas argentíferas se encuentran ubicadas en el resto del proyecto, y se caracterizan por presentar gangas síliceas, carbonáticas y arcillosas con texturas de re-

lleno y brechamientos, y un porcentaje menor de sulfuros de metales base (hasta un 20% en volumen). Las mismas alcanzan hasta 20 metros de potencia, presentan tres pulsos mineralizantes (Jovic *et al.* 2005 y Crespi *et al.* 2006) y una signatura geoquímica típica de los depósitos epitermales del macizo del Deseado: altos valores de Ag y Au, con valores locales altos de Zn y Pb.

Los pulsos de mena argentífera siempre se encuentran cortando a los polimetálicos, evidenciando una diferencia temporal entre ambos tipos de menas.

### Exploración

El área fue descubierta por Mincorp Exploraciones S.A. (Anglo American-Pérez Companc), empresa minera que entre 1995 y 1998 exploró el área siguiendo el modelo epitermal de baja sulfuración del depósito Cerro Vanguardia. Durante estos trabajos se realizaron mapeos, muestreos, 168 trincheras sobre las vetas (con un espaciado de 40 metros entre ellas), 1.032 metros de perforaciones testigadas y mallas de 200 por 200 m y de 400 por 400 m de muestreo geoquímico regional. A fines de los 90' Mincorp abandona la propiedad, la cual es posteriormente adquirida por Argentex, quien inicia la exploración en el 2004. Desde entonces y hasta mediados del año 2008, Argentex ha realizado cinco fases exploratorias, cuyas características se detallan a continuación:

*Fase I (2004/2005):* Se realizó una grilla de geoquímica de suelos de 7 por 3 km con muestras cada 50 o 25 metros (Fig. 2a), un remuestreo de las vetas en superficie y en las trincheras, 156 trincheras nuevas, un relevamiento magnetométrico terrestre, una geoelectrica (polarización inducida, polo-dipolo) realizado por *SJ Geophysics Ltd.* (Fig. 2a) y 45 perforaciones (3.010 m).

*Fase II (2005/2006):* Marca el inicio de las tareas de exploración e investigación conjunta con el INREMI. En primer lugar se organizó la información preexistente en una base de datos, luego se realizó un mapa geológico del proyecto (1:

20.000), mapas detallados de las vetas (1: 5.000 a 1:2.000), relevo de las perforaciones de la fase I y un estudio mineralógico de las menas.

Con este procesamiento y reinterpretación de la información preexistente se duplicaron la cantidad de kilómetros lineales de vetas (58,7 km) en el proyecto y se propuso la posible presencia de mineralizaciones ricas en sulfuros donde había coincidencia de sombreros de hierro en superficie y anomalías de cargabilidad. Por otra parte, el estudio mineralógico y geoquímico de las menas evidenció sectores anómalos en los siguientes metales: Sn, Cu, W, Bi, Cd e In (Mena polimetálica).

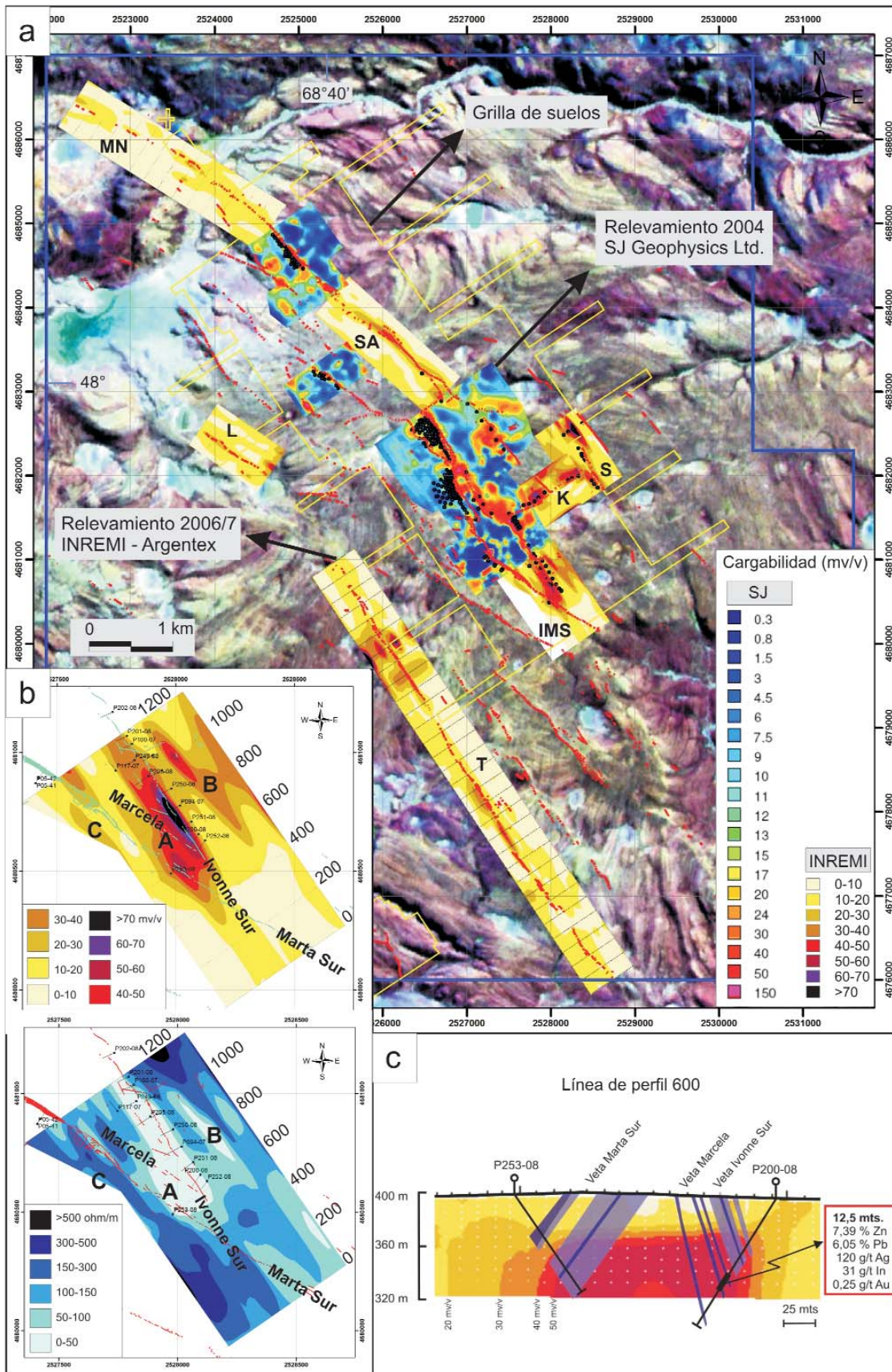
Se realizaron 25 perforaciones (1.876,5 m) a blancos argentíferos y polimetálicos, descubriendo la mineralización polimetálica con In en las vetas Marta Centro (dos perforaciones) e Ivonne (cinco perforaciones).

*Fase III (2006):* Consistió en 30 perforaciones (3.000 m) a las recientemente descubiertas vetas polimetálicas (Marta Centro e Ivonne).

*Fase IV (2006/2007):* Se realizó un mapeo detallado de sombreros de hierro en búsqueda de nuevas vetas polimetálicas, y sobre esos sectores se completó un relevamiento geoelectrico (Polarización Inducida, dipolo-dipolo) realizado por el equipo de geología y geofísica del INREMI (Fig. 2a).

Posteriormente se realizaron 20 trincheras en los blancos polimetálicos generados (anomalías de cargabilidad + sombreros de hierro), descubriendo nuevas vetas polimetálicas (Sonia, Kasia, Ivonne Norte, Ivonne Sur, Kae, Luna, Savary). Esta fase se completó con 18 perforaciones (1.357,8 m) que permitieron testear en profundidad 6 de esas nuevas vetas polimetálicas.

*Fase V (2007/2008):* La última fase de exploración comprendió un relevamiento magnetométrico terrestre con el objetivo de delinear la geometría del intrusivo somero interpretado debajo del sector de las vetas polimetálicas. Además, se realizó un relevamiento topográfico y se com-



**Figura 2:** a) Imagen satelital del proyecto con ubicación de estudios geoelectricos (mapas de cargabilidad en planta a nivel -75 metros), geoquímica de suelos y perforaciones en el proyecto Pingüino; b) Mapas en planta de cargabilidad y resistividad a nivel -73,68 metros del sector Ivonne-Marta Sur; c) Perfil de cargabilidad en la línea 600 con la sección de los pozos P200-08 y P253-08.

pletaron 151 perforaciones (20.782,9 m) en blancos argentíferos y polimetálicos. El objetivo de estas perforaciones fue la cubicación de las vetas más importantes del proyecto (Marta Centro, Marta Este y Marta Norte), la extensión de otras vetas ya conocidas por perforaciones, y el descubrimiento de nuevas vetas (Marcela, Silvina, Silvia).

## EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA

El descubrimiento de las primeras dos vetas polimetálicas del proyecto Pingüino, realizado en la fase II, fue producido a partir de la interpretación de las anomalías de cargabilidad del relevamiento geoelectrico realizado en la fase I por S.J. Geophysics Ltd. y de observaciones de presencia de sombreros de hierro en superficie.

A partir de esta experiencia, y habiendo encontrado otros sectores con evidencias superficiales de posibles mineralizaciones polimetálicas sin información geofísica, se decidió realizar un nuevo relevamiento geoelectrico complementario con el equipo de geofísica del INREMI.

El objetivo era determinar bajo esos sombreros de hierro la presencia de anomalías geoelectricas para definir nuevos blancos de perforaciones exploratorias que permitan descubrir nuevas vetas polimetálicas.

### Metodología

El relevamiento geoelectrico se realizó en siete sectores (Fig. 2a): Marta Norte (MN), Savary (SA), Sonia (S), Kasia (K), Luna, (L), Ivonne-Marta Sur (IMS) y Tranquilo (T). En cada uno de estos sectores se definieron perfiles geoelectricos perpendiculares al rumbo de las mineralizaciones, con un largo de 600 metros y una equidistancia de 200 metros.

El total relevado fue de 48,9 km, en 81 líneas, que se realizaron en la fase IV, entre los meses de octubre de 2006 a mayo de 2007.

En primer lugar se realizó un trabajo topográfico (con una estación total Topcon

GTS 302) y de demarcación de las líneas en el terreno, colocando estacas debidamente rotuladas en los puntos de inicio, medio y fin de cada perfil, y un conjunto de marcas intermedias para facilitar el relevamiento.

El levantamiento de perfiles en el terreno se ejecutó según un arreglo multielectrónico lineal para registrar datos en la modalidad dipolo-dipolo. El espaciado "a" entre electrodos fue de 25 metros, y para cada estación se realizaron medidas para valores de  $n=1$  hasta  $n=8$ , siendo  $n$  los distintos niveles en profundidad, de asignación de datos.

El instrumento utilizado fue un receptor IPR-12 Time Domain IP/Resistivity Receiver y la energización se realizó con una fuente IPC-9/200W, ambos construidos por la empresa Scintrex.

Los datos de cargabilidad y resistividad aparentes obtenidos, se procesaron utilizando el software RES3DINV versión 2.14. La inversión de los datos se realizó a partir del método convencional Gauss-Newton (Loke y Dahlin 2002), dada la gran amplitud entre los valores de resistividades medidos.

El resultado final del proceso de inversión fue un modelo de cargabilidad y de resistividad verdadera. El error entre los valores de resistividad y cargabilidad aparente calculados y medidos (error medio cuadrático o RMS), fue en todos los casos, menor a 10%.

Los modelos obtenidos de cargabilidad y resistividad verdadera de cada línea o sección fueron graficados conjuntamente con el perfil geológico-minero. También se elaboraron dos mapas en planta de isocargabilidad e iso-resistividad verdadera, uno a 36,77 m y otro a 73,68 m por debajo de la superficie, para cada zona.

### Resultados

Dado el tipo de mineralización investigado, vetas polimetálicas, las anomalías de cargabilidad están directamente asociadas al contenido de minerales polarizables, especialmente sulfuros, presentes tanto en las vetas como en el encajante inmediato a las mismas (piritización). De

esta manera, las anomalías de cargabilidad constituyen los principales blancos de exploración.

Del análisis de los resultados obtenidos, surge como primera observación la excelente respuesta de las zonas con posible mineralización a la polarización inducida, seguramente debido a la presencia de minerales polarizables en profundidad.

En las áreas investigadas se registraron valores de cargabilidad con valores superiores a 90 mv/v.

Las zonas anómalas en IP han sido clasificadas en tres categorías, A, B y C en importancia decreciente, en función de su magnitud, continuidad vertical y lateral, y relación espacial con mineralización aflorante:

*Anomalia A:* presenta valores  $> 40$  mv/v, es interceptada en las dos profundidades de investigación elegidas, lateralmente involucra dos o más perfiles ( $> 400$  m de extensión) y coincide con las evidencias de mineralización (sombreros de hierro) en superficie.

*Anomalia B:* presenta valores  $> 30$  mv/v, es interceptada en las dos profundidades de investigación elegidas, lateralmente involucra dos o más perfiles ( $> 400$  m), pero puede o no coincidir con evidencias de mineralización en superficie.

*Anomalia C:* presenta valores  $> 20$  mv/v, es interceptada en una sola de las profundidades de investigación elegidas, lateralmente involucra un o más perfiles ( $> 200$  m) y puede o no coincidir con evidencias de mineralización en superficie.

Los valores de resistividad encontrados, en general escasamente superan los 500 ohm/m, debido posiblemente a la relativa alta porosidad de las rocas encajantes y a las características de las mineralizaciones, vetas muy fracturadas por estar alojadas en fallas reactivadas. Si bien las anomalías de resistividad alta ( $> 1000$  ohm/m) suelen asociarse a vetas de cuarzo, las encontradas en el distrito Pingüino fueron en su mayoría puntuales y dispersas. A modo de ejemplo, se detallan los resultados obtenidos en uno de los siete sectores relevados: Ivonne-Marta Sur (Fig. 2b).

Considerando los valores de cargabilidad, se encontraron 3 anomalías:

-Una anomalía tipo A cortada por los perfiles 600 a 1.000, con valores de IP mayores a 70 mv/v en el perfil 800 y presente en ambas plantas.

-Una anomalía tipo B cortada por los perfiles 600 a 1.000, con valores máximos mayores a 50 mv/v en la línea 1000 en la planta -73,68 m, que no presenta evidencias de mineralización en superficie.

-Una anomalía tipo C, cortada por el perfil 1.000, ubicada en el techo de la veta Marta Sur.

La resistividad (Fig. 2b) no muestra valores elevados, no obstante en la veta Marta Sur (veta argentífera) se registraron algunos valores anómalos posiblemente asociados a la presencia de cuarzo como mineral de ganga. Adicionalmente, en los sectores profundos de las anomalías de cargabilidad A y B, se observa que la resistividad disminuye en una clara relación negativa con la cargabilidad, indicando que los sectores mineralizados son más porosos y permeables que la roca de caja. Estas tres anomalías de cargabilidad fueron constatadas en el campo, y la de mayor jerarquía (tipo A) fue perforada con un conjunto de 13 pozos (Fig. 2b). Todas las perforaciones interceptaron vetas polimetálicas, que permitieron definir dos estructuras nuevas: Ivonne Sur y Marcela.

Uno de estos pozos, el P200-08, fue perforado en el sur de la anomalía A y resultó en el tramo de mayor ley de metales base de todo el proyecto. Esta perforación presenta un intervalo mineralizado de más de 71 metros, que contiene 12,49 metros con 2,25 gr/ton de Au equivalente, 13,44 % entre Zn y Pb y 31 gr/ton de In (Fig. 2c).

Adicionalmente, es importante señalar que a partir de datos de 64 perforaciones realizadas en Marta Centro, la veta polimetálica más densamente perforada del proyecto, se pudo determinar que las anomalías de cargabilidad más intensas coinciden con los mayores espesores con sulfuros, y con las leyes más elevadas. De esta forma se demuestra también una excelente correlación entre los clavos mine-

ralizados y la intensidad de las anomalías de cargabilidad.

## CONCLUSIONES

De todas las metodologías empleadas en la exploración del proyecto Pingüino, la metodología geoelectrica de polarización inducida representa el método más eficaz y confiable para la prospección de vetas polimetálicas en el área.

La cargabilidad indica claramente la presencia de sulfuros en profundidad, y si las anomalías están asociadas a rasgos lineales y sombreros de hierro en superficie, constituyen una excelente herramienta de prospección.

La resistividad no constituyó un método tan eficaz, aunque se pudo comprobar que en los sectores profundos (debajo de la zona de oxidación) de las vetas polimetálicas, se comienza a observar una clara correlación negativa entre resistividad y cargabilidad; con resistividades menores a 50 ohm/m en los sectores de alta cargabilidad.

De esta manera, la geoelectrica constituye una herramienta adecuada para el descubrimiento y modelización de clavos mineralizados en las vetas polimetálicas del proyecto Pingüino, constituyendo una nueva metodología exitosa de prospección para la región.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los coordinadores del Simposio de Mineralogía y Metalogía del XVII Congreso Geológico Argentino ya que parte de este trabajo ha sido presentado en este Simposio y se agradece muy especialmente a la empresa Argentex Mining Corporation por permitir el uso de los datos e información del proyecto.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Crespi, A., Jovic, S., Guido, D., Proenza, J., Melgarejo, J.C. y Schalamuk, A. 2006. El prospecto Cerro León, Macizo del Deseado, Patagonia, Argentina: Un depósito de Ag-Sn. Revis-

ta Macla 6: 143-145.

Feruglio, E. 1949. Descripción geológica de la Patagonia. Dirección Nacional de Yacimientos Petrolíferos Fiscales 1: 1-334, Buenos Aires.

Guido, D. 2004. Subdivisión litofacial e interpretación del volcanismo jurásico (Grupo Bahía Laura) en el este del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59: 727-742.

Guido, D. y Schalamuk I. 2003. Genesis and exploration potential of epithermal deposits from the Deseado Massif, Argentinean Patagonia. En D. Eliopoulos *et al.* (eds.) Mineral Exploration and Sustainable Development, Balkema, I: 489-492, Rotterdam.

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.

Guido, D., Escayola, M., de Barrio, R., Schalamuk, I. y Takashi Onoe, A. 2004. Edad y rasgos petrográficos y geoquímicos de cuerpos subvolcánicos asignables a la Formación Cerro León, este del Macizo del Deseado, Santa Cruz. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59: 707-714.

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.

Jalín, G. y Herbst, R. 1995. La Flora triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz (Patagonia). Estratigrafía. Ameghiniana 32: 211-229.

Jovic, S.M., Guido, D. M., Tiberi, P. y Schalamuk, I.B. 2004. Cerro León, una variación del modelo epitermal de baja sulfuración del Macizo del Deseado. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogía (Minmet), Actas: 225-230.

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 Auroargentífera del Deseado?. 16° Congreso Geológico Argentino. Actas 2: 257-262.

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. 13° Reunión de Tectónica, Actas en CD. Jovic, S., Lorenti Borda, M., Guido, D. y Schalamuk, I. 2008a. Primera mención de la serie rodrosita - siderita en vetas de cuarzo del Macizo del Deseado. 9° Congreso de Mineralogía y Metalogenia (Minmet), Actas: 46-49.
- Jovic, S., Jovic, N., Guido, D. y Schalamuk, I. 2008 b. Caracterización de cuerpos intrusivos de la Formación Cerro León en el área del anticlinal El Tranquilo, Macizo del Deseado, Santa Cruz. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas, Tomo 1; 851-852.
- Loke, M.H. y Dahlin, T. 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. *Journal of Applied Geophysics* 49: 149-162.
- Panza, J.L. 1994. Hoja Geológica 4969-II, Tres Cerros, escala 1:250.000. Servicio Geológico-Minero Argentino, Boletín 213: 1-103.
- Peñalva, G.A., Jovic, S.M., Chernicoff, C.J., Guido, D.M. y Schalamuk, I. 2008. Cuerpos intrusivos asociados a las mineralizaciones polimetálicas del depósito Cerro León, área del anticlinal El Tranquilo, Santa Cruz: Evidencias Geofísicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 14-23.
- Schalamuk, I.B., de Barrio, R., Zubia, M., Genini, A. y Echeveste, H. 1999. Provincia Auroar-gentífera del Deseado, Santa Cruz. En Zappettini, E. (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 1177-1188.
- Varela, R., Pezzuchi, H., Genini, A. y Zubia, M. 1991. Dataciones de rocas magmáticas en el Jurásico inferior del nordeste del Macizo del Deseado, Santa Cruz. *Revista Asociación Geológica Argentina* 46: 257-262.

Recibido: 01 de septiembre, 2008

Aceptado: 01 de marzo, 2009