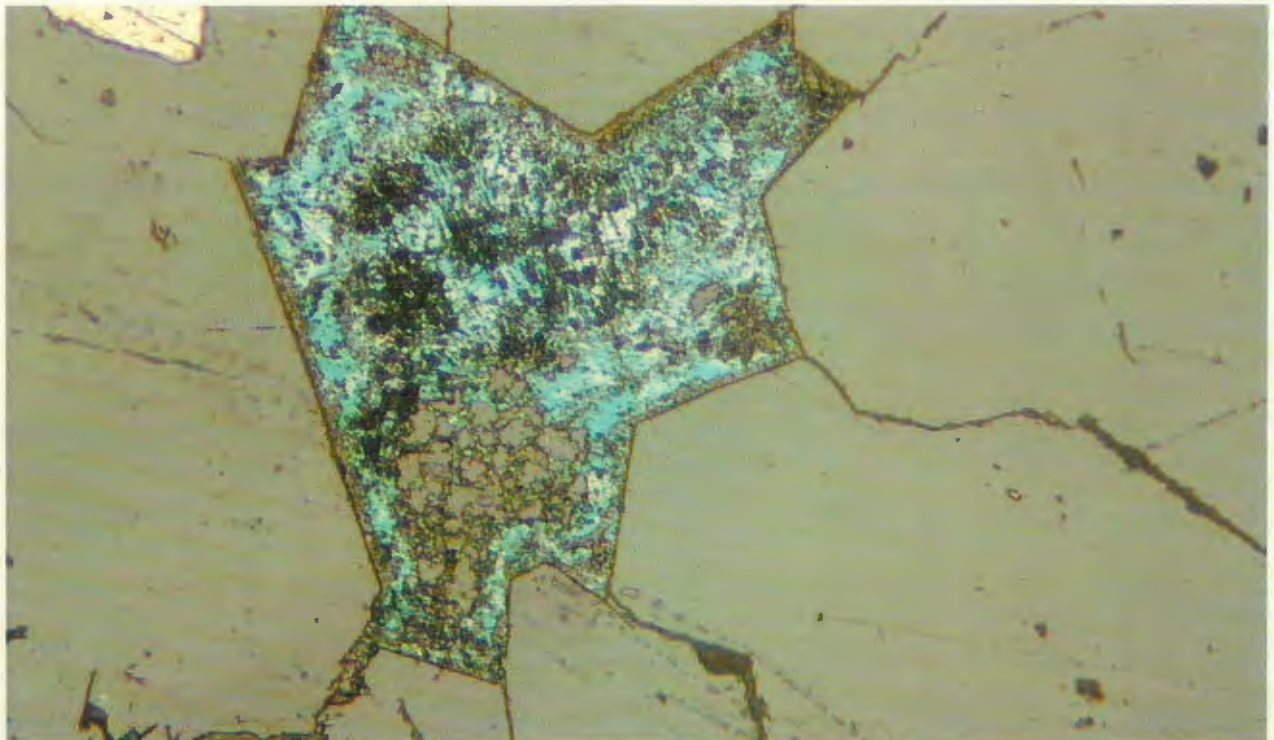


***Estudio metalogenético de brechas hidrotermales portadoras de mineralización de Bi-Au-Cu en el ámbito de la Cordillera Frontal, provincia de San Juan***

Raúl Cardó, Susana Segal, Lidia I. Korzeniewski, María de Belén Palacio y Carlos J. Chernicoff

***Modelo de mineralización en “El Pingüino” (depósito Cerro León), región del Deseado, Santa Cruz***

Mario Zubia, Raúl Giacosa, Marta Godeas, Susana Segal y Lidia I. Korzeniewski



Covellina y digenita secundaria alterando a calcosina primaria. “El pingüino” (depósito Cerro León), región del deseado, Santa Cruz.

**Serie Contribuciones Técnicas  
Recursos Minerales N° 31**

***Estudio metalogenético de brechas  
hidrotermales portadoras de mineralización de  
Bi-Au-Cu en el ámbito de la Cordillera Frontal,  
provincia de San Juan***

Raúl Cardó, Susana Segal, Lidia I. Korzeniewski,  
María de Belén Palacio y Carlos J. Chernicoff

***Modelo de mineralización en “El Pingüino”  
(depósito Cerro León), región del Deseado,  
Santa Cruz***

Mario Zubia, Raúl Giacosa, Marta Godeas,  
Susana Segal y Lidia I. Korzeniewski

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES  
SERVICIO MINERO ARGENTINO  
SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN

**AUTORIDADES**

**PRESIDENTA DE LA NACIÓN**

Dra. Cristina Fernandez de Kirchner

**MINISTRO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS**

Arq. Julio M. De Vido

**SECRETARIO DE MINERÍA**

Ing. Jorge O. Mayoral

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

Presidente: Ing. Jorge Mayoral

Secretario Ejecutivo: Lic. Pedro Alcántara

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

Director: Lic. Roberto F.N. Page

**DIRECCIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICO-MINEROS**

Director: Dr. Eduardo O. Zappettini

**SEGEMAR**

Avenida Julio A. Roca 651 • 10º Piso • Telefax: 4349-4450/3115  
(C1067ABB) Buenos Aires • República Argentina  
[www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar) / [info@segemar.gov.ar](mailto:info@segemar.gov.ar)

Armado y Diseño editorial: Julian A. Souto

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción

# ÍNDICE

## ESTUDIO METALOGÉNICO DE BRECHAS HIDROTERMALES PORTADORAS DE MINERALIZACIÓN DE BI-AU-CU EN EL ÁMBITO DE LA CORDILLERA FRONTAL, PROVINCIA DE SAN JUAN

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
1.1. ANTECEDENTES	3
<b>2. GEOLOGÍA DEL ÁREA</b>	3
<b>3. ESTRUCTURA</b>	6
<b>4. ÁREAS INVESTIGADAS</b>	7
4.1. DEPÓSITOS MINERALES DEL SECTOR SUR	7
4.1.1. Mina San Francisco de los Andes	7
Morfología del cuerpo de brecha	8
Alteración Hidrotermal	8
Mineralización	9
Inclusiones Fluidas	11
Leyes, Reservas y Producción	12
4.1.2. Manifestación Pingo	12
Alteración Hidrotermal	12
Mineralización	12
Inclusiones Fluidas	12
4.1.3. Mina Amancay	13
Mineralización	13
Reservas, análisis químicos y leyes	13
4.1.4. Mina La Cortadera	13
Alteración Hidrotermal	14
Mineralización	14
Inclusiones Fluidas	15
4.1.5. Mina Martina Chapanay	15
Alteración Hidrotermal	15
Mineralización	15
4.1.6. Mina La Fortuna- El Chorrillo	15
Alteración Hidrotermal	16
Mineralización	16
Inclusiones Fluidas	17
4.2. DEPÓSITOS MINERALES DEL SECTOR CENTRAL	17
4.2.1. Distrito La Fraguíta	17
4.2.1.1. Mirkokleia	17
Alteración Hidrotermal	17
Mineralización	18
Inclusiones Fluidas	18
4.2.1.2. Mina Rodophis	18
Alteración Hidrotermal	19
Mineralización	19
Inclusiones Fluidas	20
4.3.1. Mina Flor de los Andes	21
Alteración Hidrotermal y Mineralización	21
4.3.2. Mina Tres Magos	22
<b>5. GEOFÍSICA DEL ÁREA DE BRECHAS DE CORDILLERA FRONTAL</b>	22
<b>6. CONSIDERACIONES GENÉTICAS Y PROPUESTA DE MODELO</b>	22
<b>LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO</b>	26

**MODELO DE MINERALIZACIÓN EN “EL PINGÜINO” (DEPÓSITO CERRO LEÓN),  
REGIÓN DEL DESEADO, SANTA CRUZ**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>31</b>
<b>2. GEOLOGÍA</b>	<b>32</b>
<b>3. PETROGRAFÍA Y MINERALES DE ALTERACIÓN</b>	<b>34</b>
<b>4. MINERALIZACIÓN METALÍFERA</b>	<b>37</b>
<b>5. INCLUSIONES FLUIDAS</b>	<b>37</b>
<b>6. CONSIDERACIONES FINALES Y DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
<b>LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO</b>	<b>41</b>

***Estudio metalogenético de brechas  
hidrotermales portadoras de mineralización de  
Bi-Au-Cu en el ámbito de la Cordillera Frontal,  
provincia de San Juan***

Raúl Cardó, Susana Segal, Lidia I. Korzeniewski,  
María de Belén Palacio y Carlos J. Chernicoff

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un modelo metalogenético que involucra a las brechas con mineralización de Bi-Au-Cu-As localizadas en el ámbito de la Cordillera Frontal de la provincia de San Juan. En el área del yacimiento San Francisco de los Andes y zonas aledañas, se identificó un cuerpo ígneo con mineralización diseminada, anomalías de metales preciosos, sulfuros y una destacada alteración hidrotermal.

Los depósitos y manifestaciones considerados comprende a la mina San Francisco de los Andes (el mayor depósito de Bi conocido hasta el presente en brechas hidrotermales en el país) y a una serie de vetas conocidas como: Amancay, Cortadera, La Fortuna – El Chorrillo, Mirkokleia, Rodophis, Tres Magos y Flor de los Andes. Se localizan en el sector sureste de la Cordillera de Olivares, a 2.200 msnm en el departamento Calingasta (figura 1), extendiéndose en dirección N-NE y cubriendo 20 km de largo y 10 km de ancho. El área queda limitada por la quebrada de Tocota al N y el río Castaño hacia el S y las coordenadas de la zona son 30° 36' - 30° 53' LS y 69° 23' - 69° 40' LO.

### 1.1. ANTECEDENTES

El yacimiento San Francisco de los Andes fue estudiado inicialmente por Angelelli (1943, 1950) y Bonoli Cipolletti (1950). Aristarain y Somaruga (1957) realizaron un breve informe de la zona y Stoll (1964, 1965), al describir las provincias metalogenéticas de Argentina, se refirió a la mina San Francisco como una “brecha-pipe”. Llambías y Malvicini (1969) realizaron un detallado estudio sobre la geología y génesis del yacimiento y del que posteriormente Malvicini (1999) realizó una síntesis. Lencinas (1990) también realizó un informe del mismo yacimiento.

Otros antecedentes del área son los de Cangialosi et al., (1994), Escalante y Lorenzetti (1978), Borelli y Rojo (1979) y Pelichotti y Rojo (1979), el último de los cuales comprende una síntesis de los depósitos ubicados en el flanco oriental de la Cordillera de Olivares. Bassi (1983) describió el distrito El Leoncito (mina La Fragüita) y Machuca et al., (1994), indicaron la posible existencia de un cuerpo porfirico en sectores adyacentes al sur del distrito Tocota.

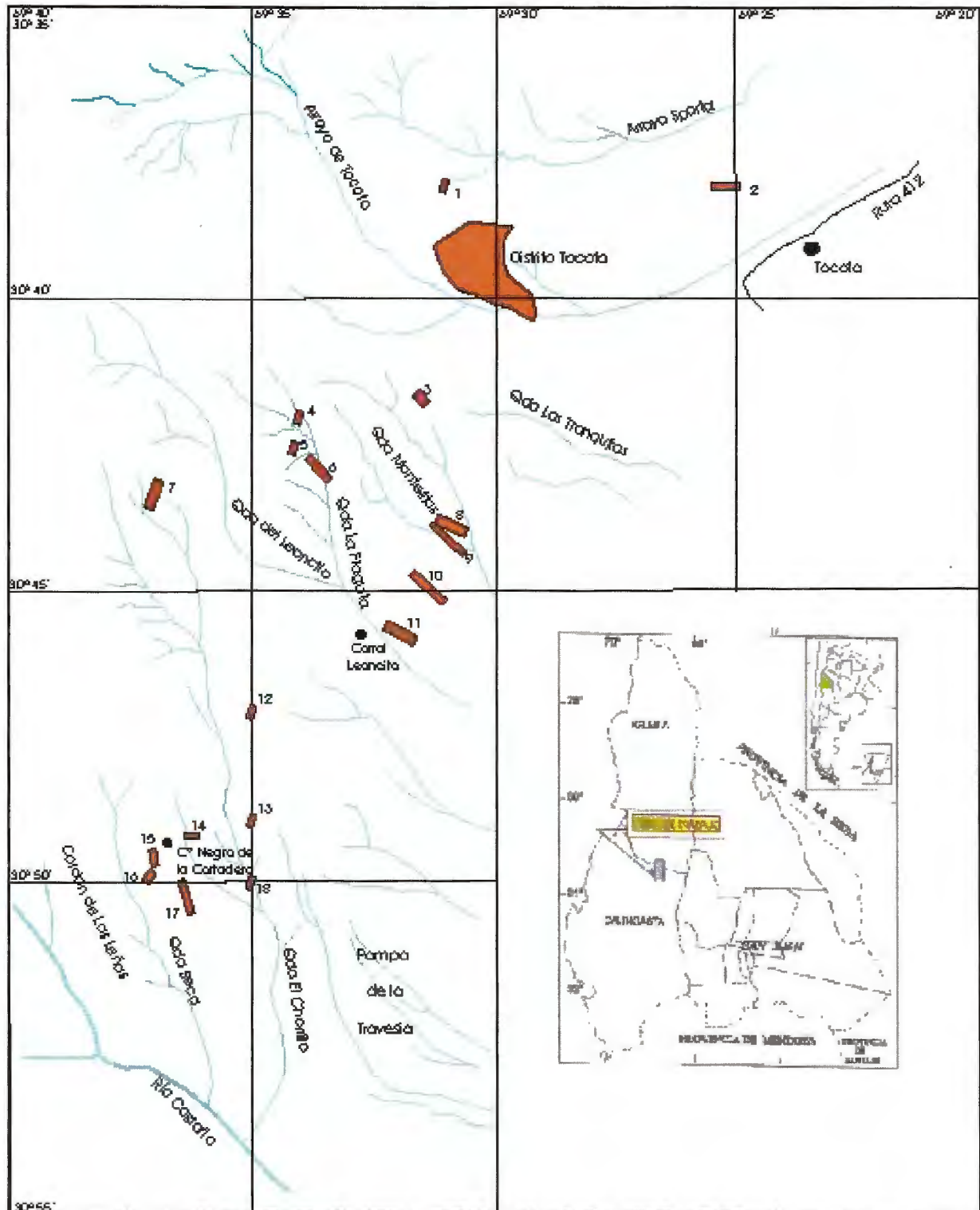
Fernández (1997), Pezzani (1997), Arrieta (2001), Rodríguez (2002), Regalado (2003) y Madrid (2004) realizaron estudios de las minas Rodophis, Mirkokleia y Chorrillos. Malvicini y Caminos (1994) incluyeron las mineralizaciones en la Época Metalogenética Gondwánica. JICA (1998) hizo una revisión en el área de San Francisco de los Andes.

## 2. GEOLOGÍA DEL ÁREA

La geología de Cordillera Frontal se caracteriza por un basamento constituido por unidades ígneas y sedimentarias del Paleozoico superior y una cubierta de rocas volcánicas cenozoicas.

La unidad aflorante más antigua en el sector es la Formación Cerro Agua Negra (Polanski, 1970) de edad Carbonífero superior a Pérmico inferior (Aparicio, 1969); integrada por lutitas oscuras y areniscas de grano fino a medio, de facies costeras. Rodríguez Fernández et al., (1996) diferenciaron una unidad inferior constituida por lutitas verdosas y negras, areniscas y esporádicos niveles de gravas; y una unidad superior integrada por areniscas, calizas y lutitas con algunos niveles de cineritas.

Existen afloramientos de rocas ígneas neopaleozoicas que intruyen a las sedimentitas carboníferas agrupados en el Plutón Tocota del Batolito de Colangüil (Llambías y Sato, 1990 y Sato et al. 1990), situado en el borde oriental de la Cordillera Frontal. Rodríguez Fernández et al. (1996) diferenciaron diversas unidades plutónicas que, con edades decrecientes, conforman una zonación centrípeta irregular: Tonalita del Leoncito, Granodiorita La Fragüita y Granitos Rosados. La Tonalita Leoncito está compuesta por dioritas, granodioritas y tonalitas. Son las rocas más antiguas del Plutón Tocota. Se distribuyen en las periferias de los afloramientos del mismo. La Granodiorita La Fragüita intruye a las rocas de la unidad anterior y comprende algunas variaciones a granitos. Los Granitos Rosados son un grupo de cuerpos lacolíticos de 10 m a más de un km de corrida, que intruyen a las unidades anteriores y a las sedimentitas paleozoicas. La edad del Plutón Tocota ha sido establecida por Linares y Llambías (1974) en  $283 \pm 15$  Ma. La Granodiorita La Fragüita ha sido datada por Rodríguez Fernández et al. (1996), mediante el método K/Ar en  $299 \pm 10$  Ma.



**Figura 1:** Mapa de ubicación de minas y manifestaciones en el área de brechas hidrotermales de Cordillera Frontal. 1) Ranqueles, 2) Dos Amigos, 3) Flor de los Andes, 4) San Roque, 5) Rodophis, 6) Mirkokleia, 7) Los Tres Magos, 8) Larry, 9) Santa Barbara II, 10) Santa Barbara I, 11) Mary, 12) La Fortuna – Chorrillo, 13) Martina Chapanay, 14) Pingo, 15) Esmeralda, 16) Amancay, 17) San Francisco de los Andes y 18) Cortaderas.



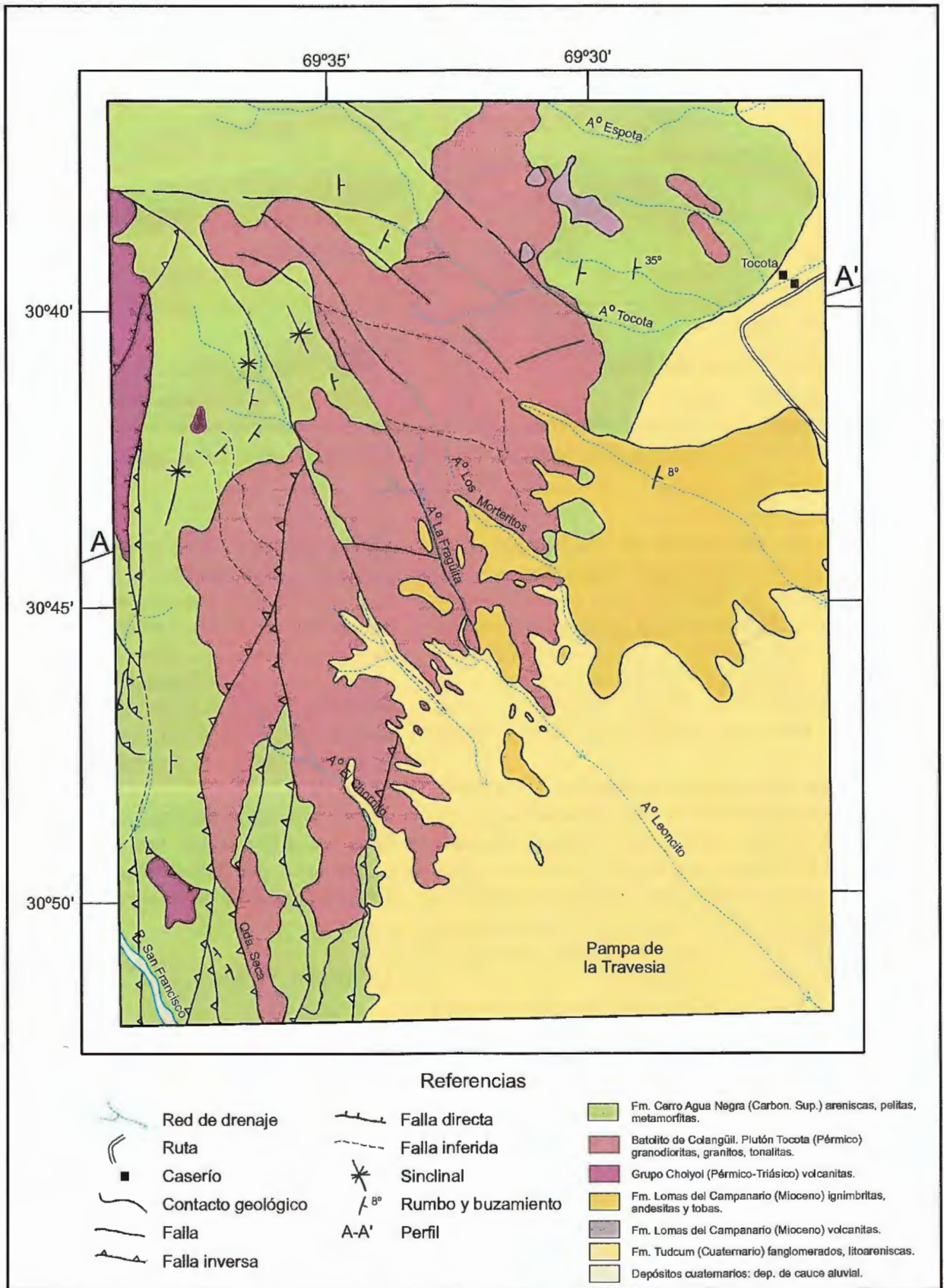


Figura 2: Mapa geológico del área de Cordillera Frontal (Modificado de Rodríguez Fernández et al, 1996)

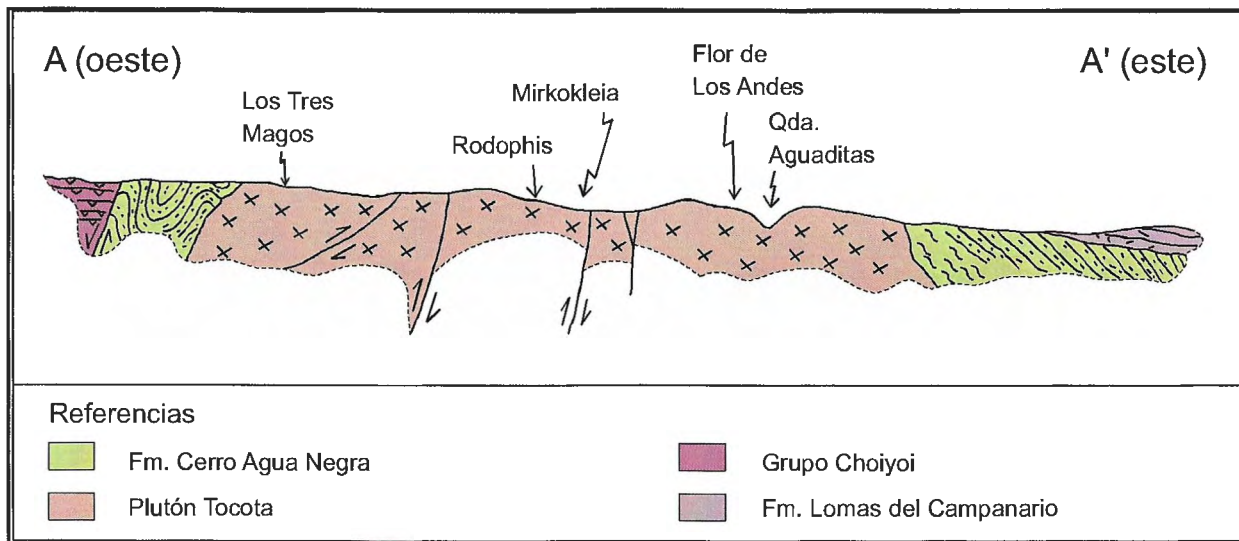


Figura 3: Perfil Geológico (basado en Rodríguez Fernández et al., 1996)

En las adyacencias de los cuerpos intrusivos la Fm Cerro Agua Negra presenta metamorfismo de contacto. Son rocas corneanas cuarzo feldespáticas con texturas granoblásticas o porfiroblásticas. Están compuestas por cuarzo, feldespatos, biotita, moscovita, clorita y cordierita. Como accesorios hay piritita y magnetita. Contiene además turmalina diseminada y en venillas.

Las sedimentitas paleozoicas y los intrusivos permotriásicos están cubiertas por rocas del Grupo Choyoi (Irigoyen, 1972). Esta unidad aflora en el borde oriental del cordón de Olivares y está constituida por volcanitas andesíticas en la sección inferior y riolitas y riodacitas en la superior. En el área de trabajo aflora en el sector occidental (figura 2).

Leveratto (1976) describió dos cuerpos andesíticos en la localidad de Tocota que son interpretados como cuerpos intrusivos por su estructura interna. Fueron datados por el método K/Ar en  $18,3 \pm 2,5$  Ma y han sido agrupados en la unidad Intrusivos Terciarios (Cardó et al., 1988).

Hay pequeños afloramientos de volcanitas discordantes sobre las unidades ígneas y sedimentarias paleozoicas, que fueron asignadas a la Formación Olivares (Mioceno medio a Plioceno) (Rodríguez Fernández et al., 1996). Están constituidos esencialmente por andesitas y basaltos.

Al sur de Tocota, en el borde sudeste de la Cordillera de Olivares y en los valles de Calin-

gasta e Iglesia se distribuyen afloramientos de depósitos volcanoclásticos y sedimentarios continentales de edad miocena, asignados al Grupo Iglesia (Wetten, 1975). Este último autor diferenció dos unidades, una inferior denominada Formación Lomas del Campanario, constituida predominantemente por rocas piroclásticas (brechas, aglomerados y tobas) y una superior denominada Formación Las Flores, constituida esencialmente por argilitas.

Las unidades cuaternarias están representadas por la Formación Tudcum (Furque, 1979) conformadas por fanglomerados, litoarenitas y depósitos aluviales de los cauces actuales.

### 3. ESTRUCTURA

La estructura de la Cordillera Frontal corresponde a una faja plegada y corrida con participación del basamento. La unidad más antigua (Formación Cerro Agua Negra) fue plegada durante la fase San Rafael del ciclo Gondwánico (Ramos, 1988). Posteriormente se desarrolló un periodo extensional durante el Triásico (Malumian et al., 1983; Uliana y Biddle, 1988). En la zona de trabajo se observan fracturas directas de rumbo NS y NO a EO (figura 3), que corresponden a este período extensional. Las estructuras de la compresión ándica (Cretácico a Cuaternario) están representadas en la zona por la inversión de estructuras extensionales previas y fallas inversas de rumbo NS.

#### 4. ÁREAS INVESTIGADAS

En el área investigada se emplazan cuerpos mineralizados que se pueden agrupar en dos sectores:

1. Sector sur, integrado por las minas San Francisco de los Andes, Amancay, Cortadera, Martina Chapanay, La Fortuna (El Chorrillo) y otras manifestaciones vetiformes menores como Pingo y cuerpos vetiformes de cuarzo con valores de sulfuros de Cu y metales base.

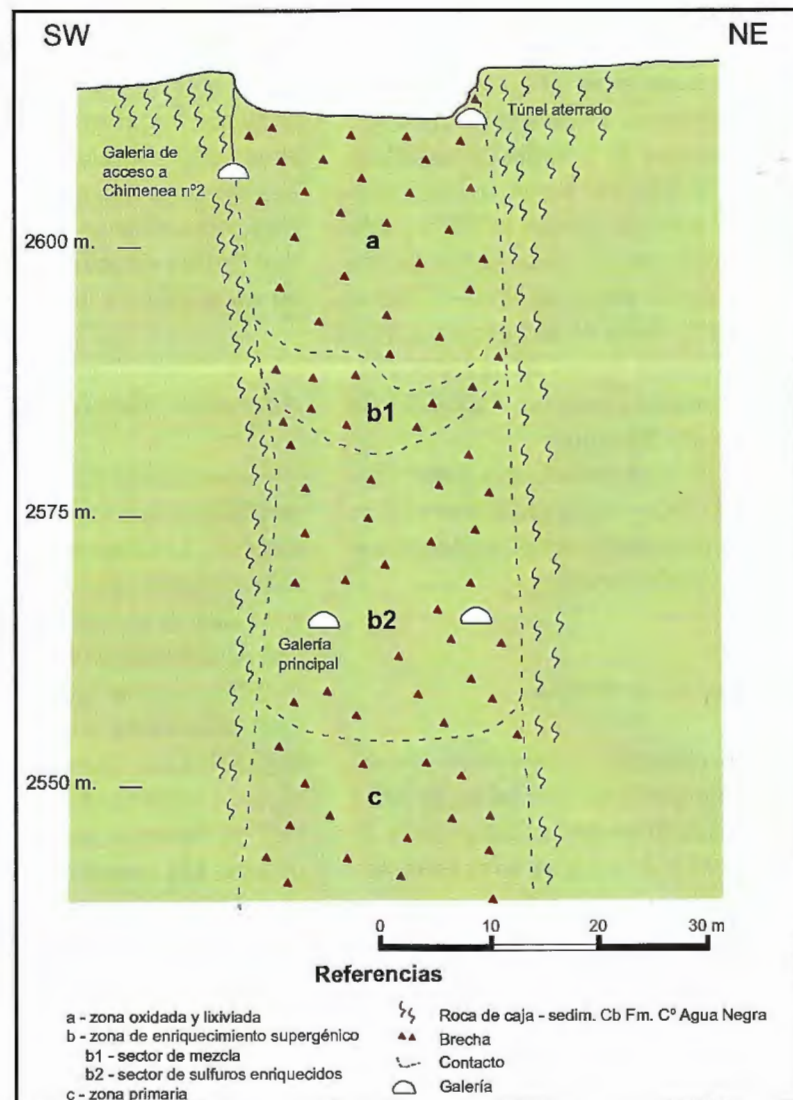
2. Sector central integrado por el distrito La Fragüita (minas Rodophis y Mirkokleia) y las minas San Juan, Tres Magos y Flor de los Andes.

#### 4.1. DEPÓSITOS MINERALES DEL SECTOR SUR

##### 4.1.1. Mina San Francisco de los Andes

La mina de referencia está ubicada en el borde de la ladera oriental de la cordillera de Olivares, 28 km al noroeste de la localidad de Villa Nueva y se encuentra a 2.000 metros sobre el nivel del mar.

El yacimiento fue descubierto en 1941 y explotado en forma intermitente hasta la década del 80 mediante dos open pits de 25 m de diámetro y labores subterráneas (chimeneas y galerías) hasta los 80 m de profundidad. Existe una pequeña



**Figura 4:** Perfil de cuerpo de brecha del Yacimiento San Francisco (modificado de Lencinas, 1990)

planta de concentración que utilizó el sistema de lixiviación en pilas donde se recuperaba concentrados de bismuto y oro; además las colas se trataron por oro y plata. La producción entre los años 1941 al 45 fue de 38 t de concentrado de Bi, y desde 1941 hasta 1980 se aportaron 112 t de seleccionados y concentrados de Bi; 2420 t de mineral con 3-6% de Cu y 1,2 a 4 % de Bi (Angellelli, 1984).

En el año 1990 la Compañía Minera Aguilar efectuó 7 sondeos: dos verticales en el sector SE y NO y cinco sondeos inclinados.

El yacimiento es una chimenea de brecha que se emplaza en una secuencia de areniscas cuarcíticas y lutitas dispuestas en bancos de 0,5 a 1 m de espesor de la Formación Cerro Agua Negra. El rumbo general de los estratos es N-S y con 45° buzamiento al este. Localmente esta unidad esta formada por dos conjuntos de rocas, uno inferior con lutitas verdosas y negras, areniscas y esporádicos niveles de gravas, y un conjunto superior integrados por areniscas, calizas y lutitas con intercalaciones menores de cineritas y areniscas con participación volcánica. Estas sedimentitas han sido intruidas por granitoides pérmicos que conforman la unidad denominada Granodiorita Tocota que se extiende desde el arroyo Tocota hasta más al sur de la sierra de la Cortadera. Fernández (1997) diferenció dentro de la Granodiorita Tocota a: la Tonalita Leoncito, Granodiorita La Fragüita y Granitos Rosados.

Los procesos de metasomatismo están dispersos en la roca de caja y en la granodiorita y se manifiestan como feldespato potásico diseminado reemplazando a ambas rocas.

### ***Morfología del cuerpo de brecha***

Es un cuerpo columnar vertical de diseño elíptico con estrangulamiento parcial en su parte media (figura 4) cuyo diámetro máximo es de 70 m y el mínimo de 15 a 30 metros, su orientación coincide con un sistema mayor de fracturación que controla el emplazamiento de otros cuerpos similares y de vetas de cuarzo - turmalina - epidoto.

Los fragmentos de la brecha son angulosos tabulares y corresponden a sedimentitas. El cemento constituye un 3 a 20% del cuerpo con cuarzo, piritita y turmalina. La brecha se encuentra oxidada y lixiviada completamente hasta una

profundidad variable entre 23 y 35 metros. El sector enriquecido, con un espesor de 35 metros, alcanza los 70 m de profundidad y la zona primaria fue reconocida hasta los 170 metros (Lencinas, 1990).

Los fragmentos de brecha están distribuidos de acuerdo a su tamaño y orientación en dos zonas bien definidas: el núcleo y el borde. El contacto entre el núcleo y el borde es vertical y está expuesto en varios sectores. El borde no es continuo, tiene un máximo de 3 m en los extremos oeste y este y es mínimo en el resto donde el núcleo está en contacto con la roca de caja. El tamaño de los clastos es variable entre pocos centímetros y bloques de hasta 1 metro; en el núcleo los tamaños son homogéneos con dimensiones entre pocos milímetros y 50 centímetros y una orientación horizontal (Malvicini, 1999).

La textura de la brecha es de relleno de espacios por cuarzo, turmalina y piritita. La turmalina se presenta como agregados radiales hacia fuera de los fragmentos; la piritita es el cemento más abundante y engloba al cuarzo y a la turmalina. Los espacios que quedan entre los fragmentos de roca están rellenos por piritita temprana que muestran textura cataclástica acentuada por recemplazo de arsenopiritita a lo largo de las fracturas.

### ***Alteración Hidrotermal***

Los estudios petrográficos de la brecha hidrotermal indican que está compuesta por clastos líticos y cemento. Los clastos son de dos tipos, un agregado cuarzo - sericítico microcristalino y un agregado heterogéneo de cuarzo y turmalina de grano medio; se han determinado como minerales accesorios titanita, rutilo y circón. La turmalina se muestra en individuos columnares y en agregados fibrosos; también hay individuos zonados y de sección triangular. En algunos sectores es reemplazada por óxido de hierro. Se observa jarosita reemplazando minerales opacos. Las características litológicas de esta brecha tienen similitud con la de algunos yacimientos de Chile como El Teniente y Los Bronces.

Las alteraciones hidrotermales más frecuentes en la brecha San Francisco son: turmalinización, silicificación y scricitización fuertes.

Por espectrometría de reflectancia se identificaron schorlita (turmalina de hierro), jarosita y mezclas de illita - chamosita, montmorillonita - muscovita y ópalo - illita.

## Mineralización

En 1969 Llambías y Malvicini reconocieron tres estadios de mineralización: de alteración, relleno y reemplazo. La mineralogía del estadio de alteración se constituye de turmalina, cuarzo, biotita, feldespato potásico, sericita - moscovita, apatita y casiterita. En el interior de la brecha-pipe hay un estadio tardío de alteración donde la arsenopirita, los finos granos de turmalina y la casiterita subordinada reemplazan a los fragmentos de brecha.

En el estadio de relleno los fragmentos fueron cementados por cuarzo, turmalina y pirita con escasa casiterita y oro.

En el estadio de reemplazo la principal mineralización de mena formada en el borde del cuerpo de la brecha está constituida por los siguientes minerales opacos en orden de depositación: arsenopirita, bismutina, Bi nativo, oro, emplectita, calcopirita, bornita, digenita, tetraedrita, esfalerita, calcosina, luzonita y covellina. Entre los arseniatos y óxidos se identificaron: roosevellita ( $\text{AsO}_4\text{Bi}$ ), beudantita  $\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ , olivinita y conicalcita, clinoclasa, scorodita, cuprita, tenorita, goethita, hematita, jarosita y crisocola.

Lencinas (1990) considera la siguiente zonación vertical de mineralización:

1) zona lixiviada o de oxidación que se extiende hasta los 23 - 35 metros de profundidad,

2) zona de enriquecimiento que tiene unos 35 metros de espesor. Se diferencia además en esta zona un sector de mezcla en donde coexisten minerales oxidados y sulfuros de 6 metros de espesor,

3) zona primaria, en la que se distingue una sección superior de 20 - 25 metros de espesor y una sección inferior de espesor indefinido. Los sondeos verticales alcanzaron la profundidad de 170 metros.

En la zona de mineralización primaria se destacan: pirita (3 a 12 %); arsenopirita (1 a 6%); calcopirita (0,1 a 3 %); galena (0,1 a 1 %); esfalerita (trazas a 0,3 %); bismutina (trazas a 0,5 %). Otros minerales mencionados son: oro nativo, electrum, famatinita, tennantita, casiterita y scheelita. Entre los minerales supergénicos se encuentran calcosina, covellina, bismuto nativo (Figura 5) y cuprita.

El estudio microscópico de la mena realizado



Figura 5: Grano de Bi nativo. Objetivo 10X

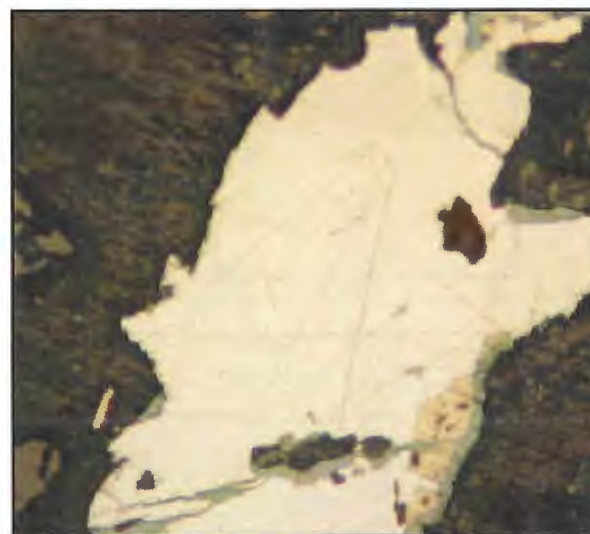


Figura 6: Grano de bismutina (Bi) con bordes de calcopirita (Cpy). Objetivo 5X.

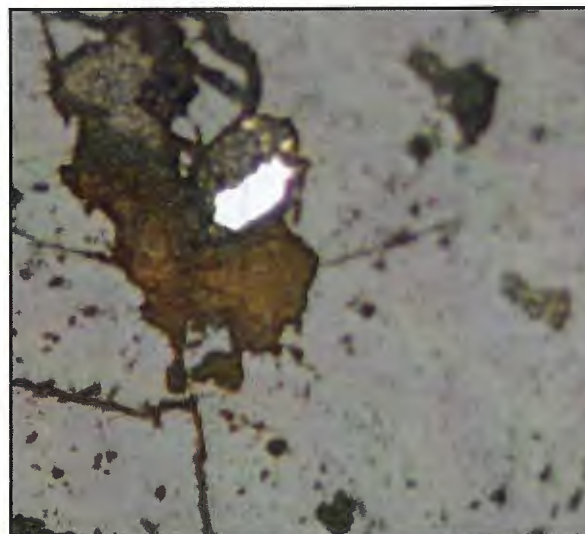


Figura 7 : Chispa de oro. Objetivo 10X.

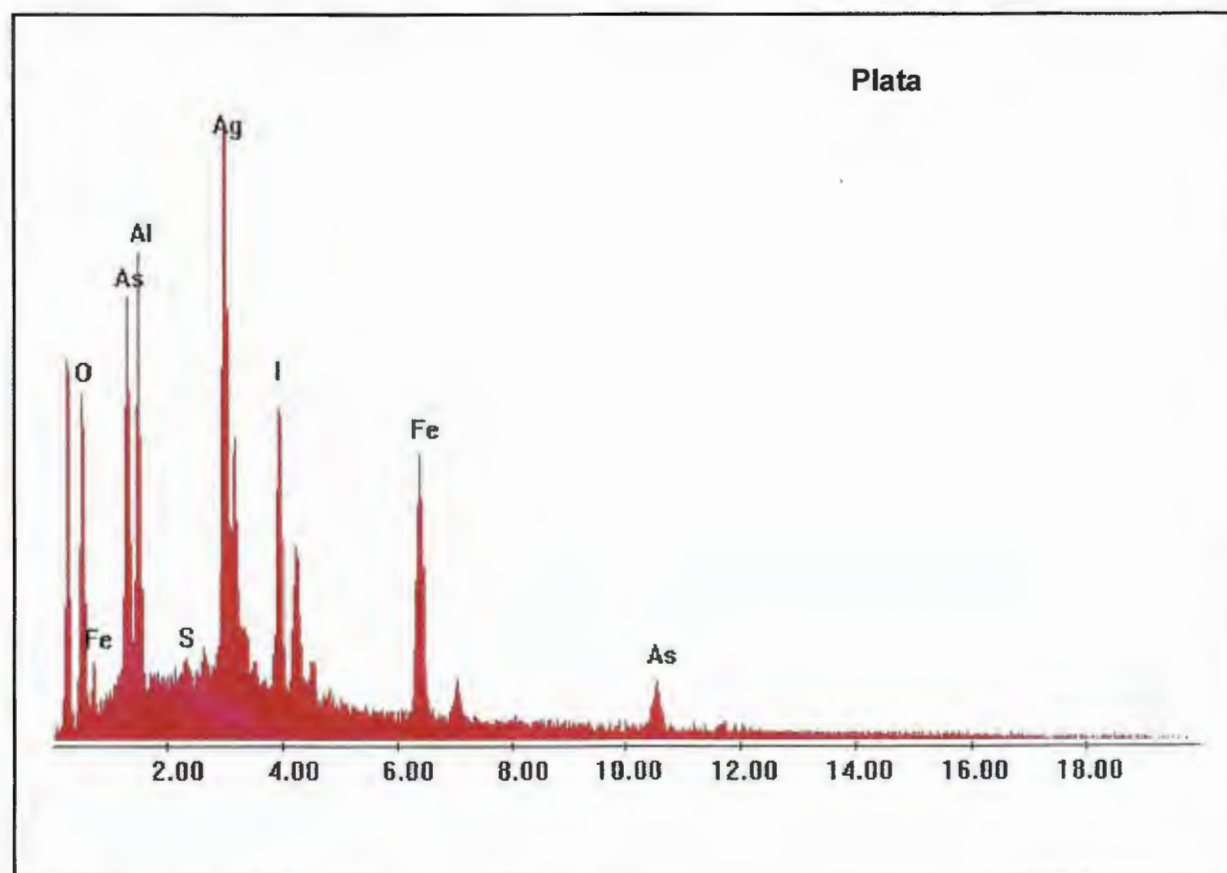
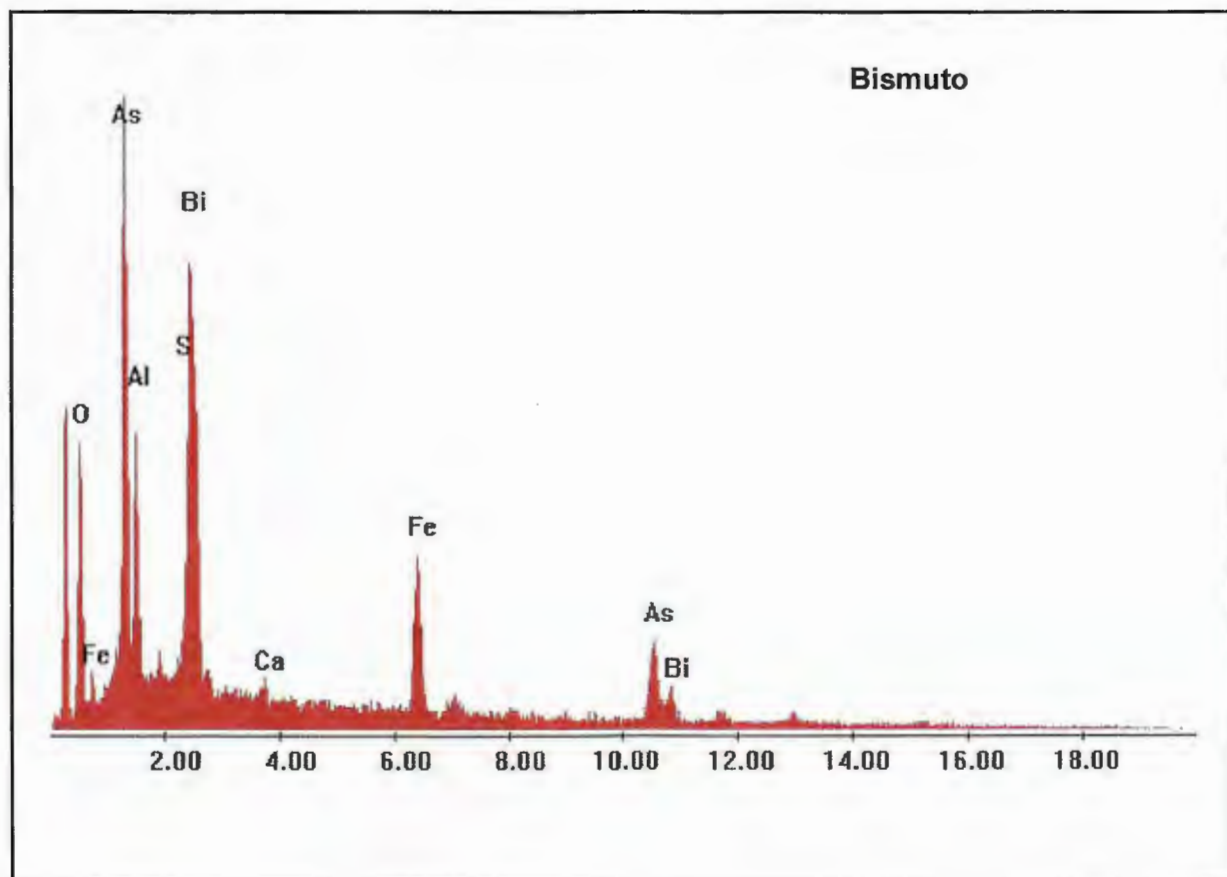


Figura 8: Espectros EDAX de bismuto y plata nativa del yacimiento San Francisco de los Andes.

como parte del presente trabajo permitió una caracterización más detallada de los siguientes minerales opacos:

- La mineralización primaria de Bi se encuentra como nidos y "papas" así como masas pequeñas en el contacto entre la brecha y la roca de caja.

- La casiterita es un mineral abundante que se presenta como granos pequeños y diseminados en ganga, en una proporción estimada del 2%. Parte de esta casiterita se formó durante la depositación de turmalina y algunos de sus granos están encerrados por cristales de turmalina y de cuarzo.

- La presencia de bismutina (Figura 6) diseminada se encuentra de manera errática, rellenando fracturas en cuarzo y turmalina. Los granos son fibrosos o constituyen cristales radiales de hasta 400 micrones de largo. Algunos de éstos están asociados con arsenopirita. Este último mineral también se lo encuentra como granos aislados diseminados en ganga de cuarzo y carbonatos.

-La pirita diseminada se observa en moderada proporción con granos de tamaño variable entre 50 y 120 micrones.

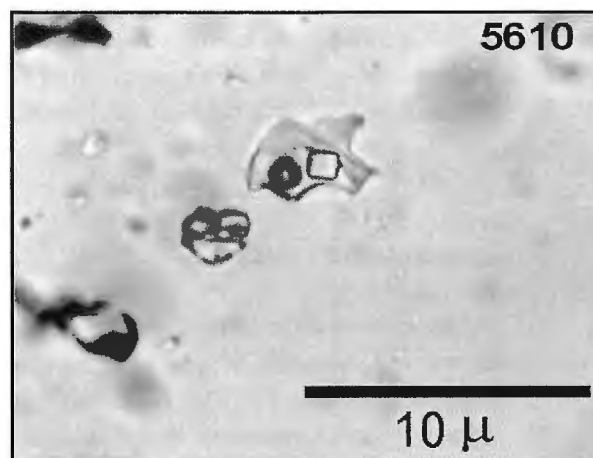
-Se han determinado chispas de oro nativo (Figura 7) y electrum con tamaños entre 23 y 35 micrones de diámetros, diseminadas en minerales de ganga junto con escasos granos de calcopirita y rutilo.

-En la fracción pesada (35-60) de alguna muestra y en las analizadas por difracción de rayos X se identificó escorodita ( $\text{AsO}_4\text{Fe}_2\text{H}_2\text{O}$ ). Se presenta como masas esponjosas de coloración rojiza, como venillas supergénicas reemplazando a sulfuros primarios y como agregados granulares y tabulares.

-Se observan granos de goethita formando "boxworks" de piritas.

-La presencia de abundante arsenopirita, sulfuros de Cu, Pb, Fe y Bi originaron la formación de una zona de oxidación constituida por arseniatos de Cu entre los que se encuentran olivenita, conicalcita y clinoclasa; arseniatos de hierro: escorodita; arseniatos de plomo y hierro: beudantita asociados a arseniatos de Bi como roosevelita, mixita y arseniatos de Al: mansfieldita (Bedlivi y Llambías, 1969).

Los análisis realizados con microsonda electrónica y microscopio electrónico EDAX muestran valores importantes de Bi y Ag como se ven en la figura 8.



**Figura 9:** Inclusiones fluidas de origen secundario con fase líquida, vapor y sólida (halita). Muestra 5610 del yacimiento San Francisco de los Andes.

### *Inclusiones Fluidas*

Las muestras estudiadas corresponden a cuarzo anhedral a subhedral en el que se diferenciaron tres tipos de inclusiones fluidas de acuerdo a características ópticas observadas a temperatura ambiente.

1. Inclusiones ricas en fase vapor: la fase vapor representa más del 90% del volumen de la inclusión. Tienen formas regulares y tamaños que no superan los 5 micrones. Estas inclusiones se encuentran en grupos intragranulares y en microfracturas.

2. Inclusiones ricas en fase acuosa: la fase vapor no supera el 30% del volumen de la inclusión. Poseen formas ecuanter regulares y se ubican principalmente en microfracturas como así también en grupos aislados.

3. Inclusiones trifásicas que contienen, una fase líquida acuosa, una burbuja de vapor y una o más fases sólidas. La fase sólida fue identificada como halita que puede ser única o estar acompañada de mineral opaco no identificado. Presentan formas regulares e irregulares (figura 9) con tamaños máximos de 7 micrones. Se encuentran en grupos intragranulares solas o junto con las inclusiones ricas en vapor.

Durante los ensayos microtermométricos las inclusiones fluidas acuosas presentaron una fusión final de hielo en  $-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  que corresponde a salinidades de 14,6 % en peso equ. a NaCl. Homogeneizan a fase líquida entre los 227 a 229  $^{\circ}\text{C}$ . Las inclusiones trifásicas muestran una homogenización total por disolución de halita entre

los 367 a 388 °C, en tanto la fase vapor lo hace entre los 286 a 299 °C. Estas inclusiones presentan una salinidad promedio de 45 % en peso eq. a NaCl.

### **Leyes, Reservas y Producción**

De acuerdo a los datos de los sondeos realizados por la Compañía Minera Aguilar (Lencinas, 1990) se cubicaron 115.000 toneladas en la zona primaria superior, conteniendo 5.400 onzas de Au; 2.071,15 t de Cu, 19.929,5 kg de Ag, 1.086,75 t de Pb, 868,25 t de Zn y 264,5 t de Bi.

La zona de oxidación tiene leyes de hasta 0,5 g/t de Au y desde 3 a 14 g/t de Ag.

En la zona de enriquecimiento en el sector NO de la mina se obtuvieron valores de 4,2 g/t de Au; 81,9 g/t Ag; 0,68 % Cu; 0,56% Pb; 0,13% Zn y 0,15% Bi. En el sector SE los valores obtenidos fueron: Au: 6,7g/t; Ag: 72,3 g/t; Cu 1,13 %; Pb 0,22%; Zn: 0,06% y Bi 0,15%.

En la zona primaria superior se determinaron: 1) en el sector NO: Au: 0,46g/t; Ag: 67 g/t; Cu:0,57%; Pb: 0,46%; Zn: 0,81% y Bi: 0,03%. 2) En el sector SE Au: 2,18 g/t; Ag: 64 g/t ; Cu 0,54% ; Pb : 0,31% ; Zn : 0,42% y Bi : 0,01%.

En la zona primaria inferior los resultados indican: hasta 0,3 g/t de Au; entre 3 y 30 g/t de Ag; 0,1 a 0,3 % de cobre; 0,2 a 0,6 % de Pb; 0,03 a 0,4 % de Zn y < de 0,01 a 0,4 % de Bi.

#### **4.1.2. Manifestación Pingo**

Está ubicada al norte de San Francisco de los Andes, en la margen izquierda del arroyo Cortaderas, sus coordenadas son 30°50' LS y 69°35' LO.

El entorno geológico de la manifestación Pingo es el mismo que el de la mina San Francisco de los Andes. La roca de caja es la Formación Cerro Agua Negra de edad carbonífera superior, integrada por pelitas, areniscas y metamorfitas.

Son vetas discontinuas alumbradas por pequeñas labores (un pique de tres metros de profundidad, rajos y destapes) de rumbo E-O.

### **Alteración Hidrotermal**

La roca de caja está fuertemente alterada y esta alteración está compuesta por un agregado hetero-

géneo de clorita, sericita, cuarzo, arcillas y óxidos de hierro. Las arcillas analizadas por espectrometría de reflectancia dieron una mezcla de 60% de illita y 40% de chamosita. La alteración hidrotermal está representada por silicificación y cloritización fuertes y sericitización moderada a fuerte.

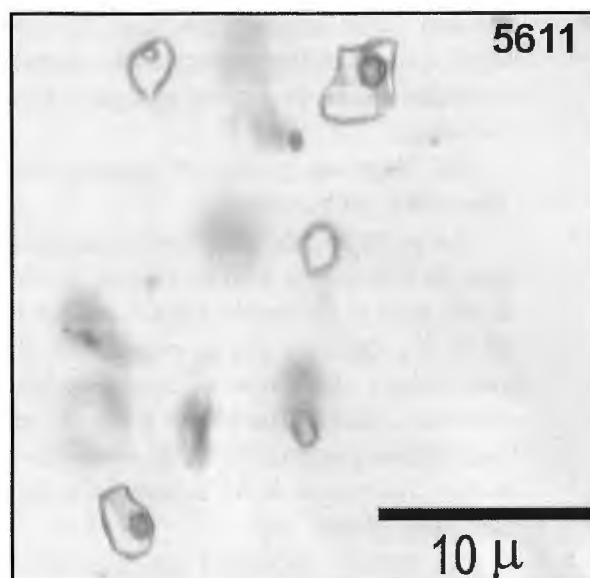
### **Mineralización**

La mineralización se compone de arseniatos de Cu y Bi y abundante limonitización constituida por lepidocrosita y goethita.

### **Inclusiones Fluidas**

En cuarzo subhedral se observaron inclusiones fluidas ubicadas en grupos intragranulares. Las inclusiones predominantes son de tipo acuosas, caracterizadas por presentar una burbuja de vapor que en general no supera el 30% del volumen de la inclusión (figura 10) de formas regulares a levemente irregulares. En menor proporción se observaron inclusiones fluidas ricas en vapor - con más del 90 % del volumen de la inclusión- con formas regulares, en grupos aislados o junto con las inclusiones acuosas.

Las inclusiones fluidas acuosas homogeneizan a líquido entre los 217 a 235,5 °C en tanto la temperatura de fin de fusión del hielo fue a -8 °C representando una salinidad de 11,7 % en peso eq. NaCl.



**Figura 10:** Inclusiones fluidas de origen secundario con fase líquida y vapor. Muestra 5611 del yacimiento Pingo.



### 4.1.3. Mina Amancay

Se encuentra en el departamento Calingasta a unos 200 km al NO de la ciudad de San Juan, en la parte sur de la Tonalita El Leoncito. La Tonalita intruye a las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra cuyos contactos están metamorfizados y que forma parte de la roca de caja. Corresponde localmente a una granodiorita intruída por diques de pórfiros andesíticos propilitizados. En las proximidades de las manifestaciones metalíferas las rocas ígneas presentan un color gris rosado, pigmentos limoníticos y cubiertas de calcita en la zona de meteorización. Hay presencia de turmalina y epidoto en los planos de las diaclasas, zonas silicificadas y turmalinizadas y venillas de cuarzo con pirita con potencias de hasta 10 centímetros. Las labores se encuentran en una falla de 50 m de corrida cuyo rumbo es N30°E e inclinación al oeste 55°. Es intenso el diaclasamiento de las rocas plutónicas cuyos rumbos varían entre N 35°E y N45°E con inclinaciones generalmente hacia el oeste. En forma subordinada hay diaclasas con rumbo N35°O subverticales (Escalante y Lorenzetti, 1978).

El yacimiento está constituido por un cuerpo principal de 18 m de largo por 4,5 de ancho y por dos cuerpos menores de 3 a 4 m de desarrollo con espesores de 0,60 y 1,3 metros (Angelelli, 1984).

La alteración hidrotermal predominante es sericítica y carbonática moderadas. La espectrometría de reflectancia indica una mezcla de 70% de montmorillonita y 30% de moscovita, con muy pobre cristalización.

### Mineralización

Los minerales de mena determinados por Escalante y Lorenzetti (1978) y Segal durante el presente trabajo fueron abundante arsenopirita que se encuentra en agregados granulares incluyendo turmalina y reemplazada por venillas de calcopirita; se observa también diseminada en la roca de caja y como guías rellenas de fracturas en los minerales de ganga. En sectores está escasamente alterada a digenita y covellina. La galena y la esfalerita se encuentran en menor proporción que los minerales mencionados anteriormente. El sulfuro de plomo rellena fracturas de arsenopirita y se presenta como granos subhedrales y anhedrales con textura de brecha, mientras que la esfalerita

está intercrecida con calcopirita. La pirita está finamente diseminada en la roca rellenas de diaclasas, asociada con cuarzo y alterada en los bordes a limonitas. La tetraedrita es escasa y está incluida en galena y en cristales de calcopirita y esfalerita.

Se encuentran chispas de oro con 15 y 23 micrones de tamaño, escasa bismutinita y pequeñas láminas de Bi nativo diseminadas en ganga.

Como minerales de oxidación se presentan malaquita en cristales prismáticos y brocantita en las labores superficiales.

Entre los minerales de ganga predomina calcita intersticial intercrecida con sulfuros, en venillas en la roca y en galena según los planos de clivaje y turmalina en la variedad schorlita.

Las texturas predominantes entre los minerales metalíferos son bandeadas, macizas e intersticiales.

### Reservas, análisis químicos y leyes

Las muestras analizadas en los laboratorios del INTEMIN dieron valores en veta de: Au entre 3 y 9,8 g/t y de Ag entre 20 y 445 g/t; y en los piques de Cu de 4,15%; de Pb: 7,65% y de Zn: 1,05%.

Las reservas indicadas e inferidas según Borelli y Peña (1986), suman 6.234 t con 2,69 % de Cu; 2,84 % de Pb, 4,54 g/t de Au y 55,4 g/t de Ag.

### 4.1.4. Mina La Cortadera

Está localizada en el departamento Calingasta, a 84 km del pueblo homónimo y a 1 km aguas abajo del campamento de la mina San Francisco de los Andes.

La geología del área está constituida por pelitas y ocasionalmente metamorfitas de la Formación Cerro Agua Negra, de rumbo NS y buzamientos de 80° a vertical y granodioritas correspondientes al plutón Tocota. El contacto con los granitoides es un hornfels de color gris oscuro, compacto y macizo, con textura granoblástica constituido esencialmente por cuarzo..

La mineralización, controlada por fracturas con rumbos y buzamientos coincidentes con los principales juegos de diaclasas, se presenta como cuerpos vetiformes cuyas corridas en general son de menos de 100 m, mientras que sus espesores

varían desde 0,03 m hasta 1,20 metros. Contiene pirita y venillas de sílice cuya presencia se acentúa en las proximidades de los cuerpos intrusivos

Se destaca un cuerpo de cuarzo en la margen derecha de la quebrada El Chorrillo de rumbo  $110^{\circ}/80^{\circ}$  E, de 350 m de largo por 4 m de espesor, emplazado en granito fuertemente sericitizado. Sobre esta veta se ha desarrollado una galería de 40 metros.

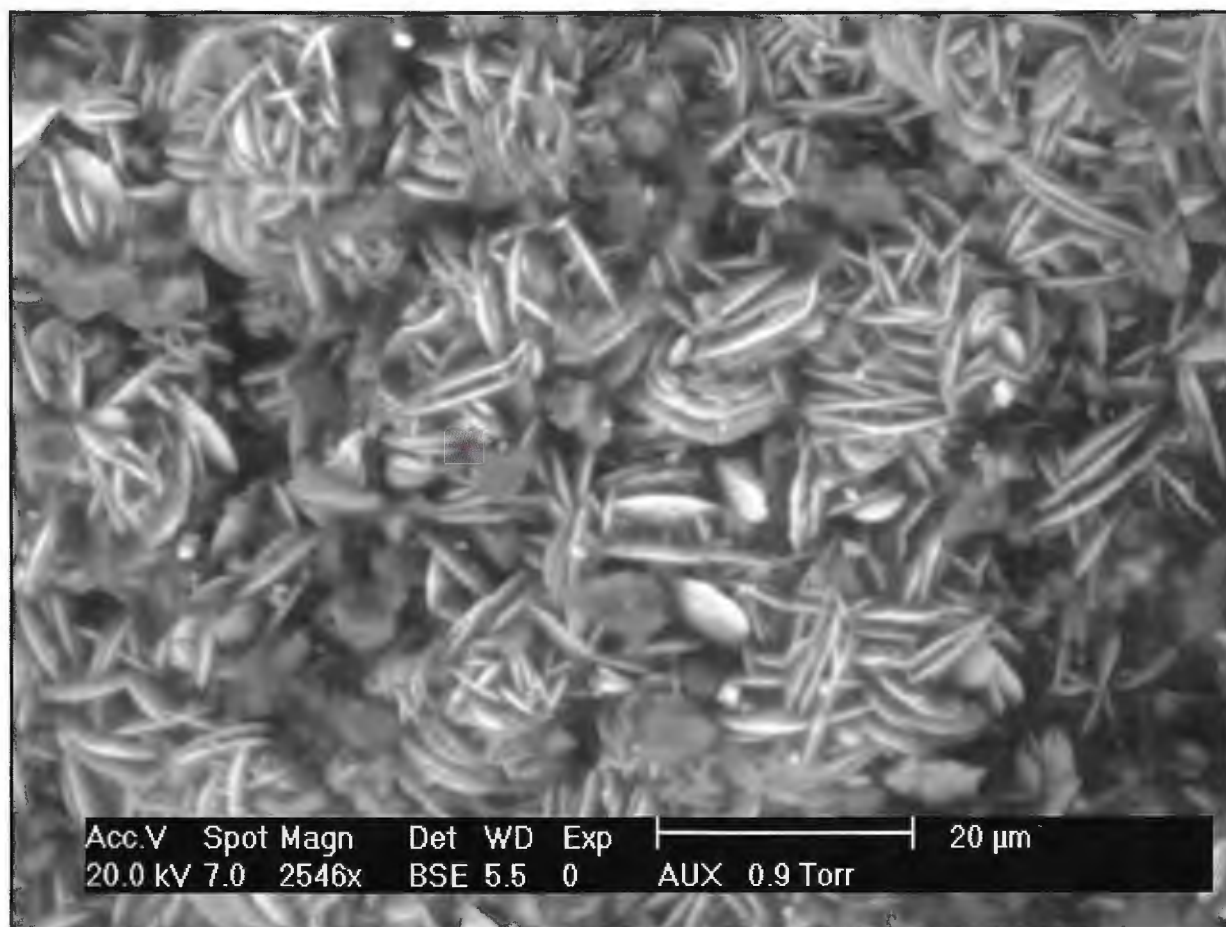
### **Alteración Hidrotermal**

El estudio petrográfico reveló la presencia de un agregado cuarzo biotítico compuesto esencialmente por cuarzo de grano medio a grueso y biotita. La alteración hidrotermal está representada por sericitización moderada a fuerte, cloritización moderada y limonitización moderada. Los resultados de los análisis de espectrometría por reflectancia mostraron esencialmente la presencia de illita.

### **Mineralización**

La mineralización es predominantemente cuprífera con abundancia de calcopirita y sulfuros supergénicos como digenita y covellina que alteran y reemplazan a calcopirita y a granos euhedrales y subhedrales de pirita. La pirita presenta sectores con oxidación a goethita. Son abundantes las pátinas con malaquita y arseniatos entre los que se destaca mottramita (Figura 11), mineral cuya presencia fue determinada por primera vez en la zona en estudio por Segal et al. (2006) y que se presenta en la zona oxidada asociada con una numerosa cantidad de sulfuros de Cu tales como calcopirita, calcosina, covellina y digenita y con carbonatos y arseniatos de Fe.

Los muestreos realizados por la empresa Aluvión S.R.L., (1976), registraron valores de 0,1 a 16,7 % de Cu; 0,6 a 1,05 % de Pb; 0,05 a 2 % de Bi; 8 a 180 g/t de Mo; 456 y 1.400 g/t de Ag.



**Figura 11:** Cristales tabulares a pseudolaminares de mottramita formando agregados de tipo "roseta" sobre cristales de cuarzo subhedrales (Segal et al., 2006).

### ***Inclusiones Fluidas***

En cuarzo anhedral a subhedral se observaron inclusiones fluidas en zonas de crecimiento. Las inclusiones son de tipo acuosas con relación variable de fases donde en general predomina la fase vapor. Presentan formas irregulares con tamaños que no superan los 5 micrones.

#### **4.1.5. Mina Martina Chapanay**

Está ubicada a 1,5 km al noroeste de la mina La Cortadera. La roca de caja de los cuerpos mineralizados corresponde a sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra. La misma está silicificada y levemente metamorfozada. El rumbo de las vetas es NO con buzamientos desde 65° N a vertical. El laboreo consiste en una galería sobre veta de 71 metros de largo (Figura 12).

Las vetas se manifiestan en superficie como una serie de crestones de cuarzo con una corrida de 250 metros y espesores que varían de 0,40 a 2 metros. El cuarzo presenta aspecto brechoso y color castaño rojizo debido a venillas y pátinas de limonitas. Contiene escasos clastos de sedimentitas como relictos y está fuertemente sericitizado y silicificado.

### ***Alteración Hidrotermal***

La alteración hidrotermal que afecta la roca brechosa está representada por sericitización y limonitización fuertes y silicificación moderada.

### ***Mineralización***

La mineralización es discontinua en la veta y predominan minerales de cobre como calcopirita diseminada y bornita alteradas supergénicamente a digenita. La pirita es abundante y presenta textura cataclástica, los granos están muy fracturados. La presencia de casiterita subhedral diseminada es escasa. Se observan pequeñas láminas de Bi nativo de 20 micrones de diámetro dispersas en minerales transparentes.

Los estudios por difracción de Rayos X determinaron la presencia de plumbogumita ( $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$ ); philipsbornita ( $\text{PbAl}_3(\text{AsO}_4)(\text{AsO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$ ); gallobeudanita



**Figura 12:** Labores en el yacimiento Martina Chapanay.

( $\text{PbGa}_3[(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)]_2(\text{OH})_6$ ).

Los análisis químicos que se realizaron por Aluvión S.R.L., (1976) dieron valores de 0,01 a 16 % de Cu, 3,9 % de Zn y 15 g/t de Bi.

#### **4.1.6. Mina La Fortuna- El Chorrillo**

Está ubicada en la quebrada El Chorrillo en el departamento Iglesia y dista 15 km en línea recta de la mina Rodophis.

En el área de la mina La Fortuna se observa un amplio bajo geomorfológico con predominio de afloramientos de granitoides y depósitos cuaternarios.

Se destacan numerosos cuerpos de brechas cuarzo turmalínica de colores oscuros. Fernández (1997) diferencia cuatro cuerpos principales: Brecha Chorrillos (mina La Fortuna), Brecha de Plata, Brecha Oeste y Brecha Este.

La roca de caja de las brechas son rocas intrusivas, que han sido clasificadas como pórfiro dacítico por su composición y textura. Las brechas están controladas por una fractura de rumbo N 40° E y presenta abundantes filones de cuarzo con turmalina. Al microscopio se ob-

serva como un agregado de estos dos minerales acompañados por sericita que aparece entre los contactos de los individuos de cuarzo.

Se distinguen en las proximidades de los cuerpos de brechas, fracturas radiales y circulares, ocasionalmente mineralizadas.

El cuerpo mineralizado de la mina La Fortuna es un tubo de brecha con clastos de granodiorita y sedimentitas (Figura 13). En la parte inferior predominan clastos redondeados de granodiorita de hasta 50 cm de diámetro, mientras que en la parte superior hay sedimentitas tabulares de menor tamaño. La mineralización está emplazada en diaclasas radiales al cuerpo de brecha en pequeños bolsones de potencias de 0,2 y 6 metros (Fernández, 1997).

### Alteración Hidrotermal

En esta zona las alteraciones presentes son: se-

ricítica, silicificación y turmalinización fuertes y cloritización y limonitización moderadas. El pórfiro dacítico tiene alteración propilitica que afecta a la plagioclasa y a los minerales máficos.

### Mineralización

La mineralización está emplazada en diaclasas y pequeñas fracturas radiales al cuerpo brechoso.

Los estudios microscópicos muestran un predominio de arseniados de Cu, Fe y Pb, así como abundantes óxidos de Fe, carbonatos y sulfatos de Cu-Fe como malaquita y azurita. Es menor la cantidad de sulfuros, representados por granos pequeños de calcopirita, bismutina, esfalerita y pirita diseminados en ganga. La presencia de casiterita es escasa.

Los análisis químicos obtenidos de un muestreo realizado por Pelichotti y Rojo (1979), dieron los siguientes resultados: 0,7 a 12,52 % de Cu,

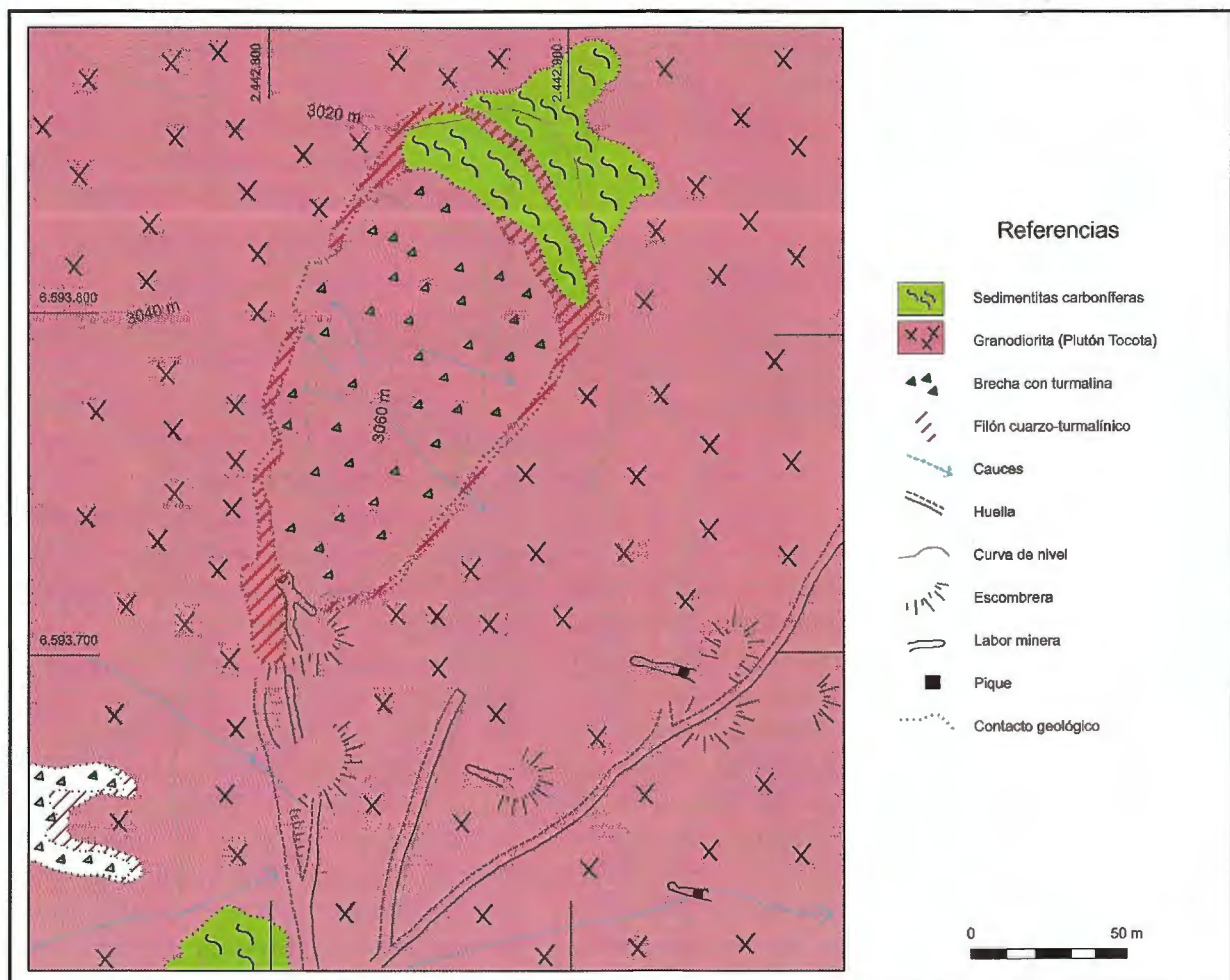


Figura 13: Cuerpo mineralizado de mina La Fortuna

0,58 a 1,8 % de Zn, 0,4 a 0,7 % de Pb, 40 a 164 g/t de Ag y 3 a 6 g/t de Au.

### ***Inclusiones Fluidas***

En cuarzo anhedral se observan abundantes inclusiones fluidas de origen secundario distribuidas en forma aleatoria en cristales y microfracturas. Las inclusiones dominantes son ricas en fase vapor que presentan formas regulares hasta de cristal negativo con relación constante de fases y tamaños menores a 6 micrones. Se observan además inclusiones ricas en fase acuosa, de formas regulares y con relación constante de fase. Las inclusiones trifásicas son muy escasas y de formas irregulares.

## **4.2. DEPÓSITOS MINERALES DEL SECTOR CENTRAL**

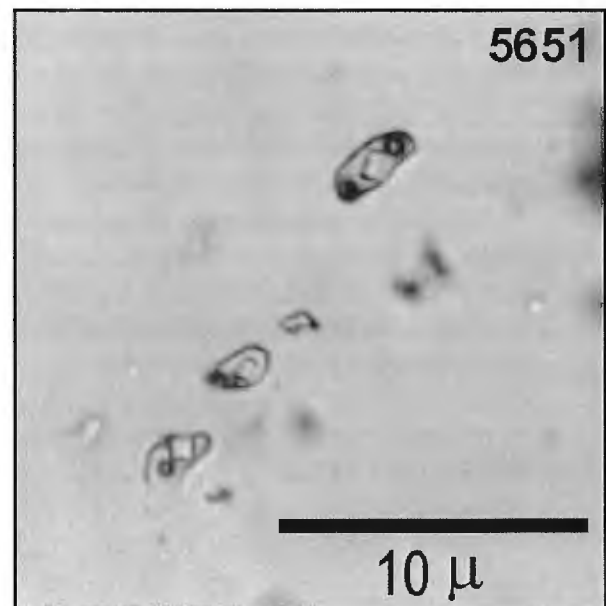
### **4.2.1. Distrito La Fragüita**

El distrito de Cu-Bi ubicado en las estribaciones sureste de la Cordillera de Olivares se localiza en los tramos inferior y medio del arroyo La Fragüita, afluente del arroyo El Leoncito y comprende las minas Mirkokleia y Rodophis. Existen además otros cuerpos mineralizados en el área como la mina San Roque (brecha de cuarzo turmalina mineralizada) y varios afloramientos de brechas ubicadas más al oeste, algunos de las cuales han sido exploradas por piques de 2 a 3 m de profundidad y destapes.

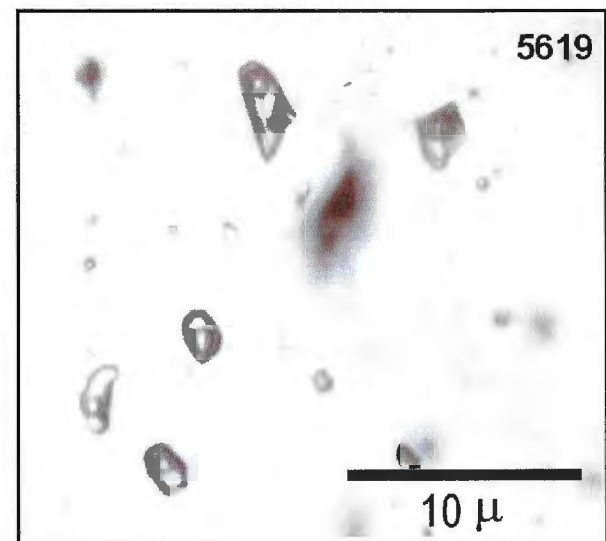
#### **4.2.1.1. Mirkokleia**

La mina Mirkokleia está ubicada a 150 m al sur del antiguo campamento La Fragüita. La roca de caja es la granodiorita La Fragüita; es una roca granular compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita. Según Bassi (1982) es un típico núcleo de brecha de granodiorita con turmalina como matriz y diseminada a manera de soles en la roca.

Al este del cuerpo mineralizado se observan pequeños afloramientos de pórfiro dacítico. Se trata de una roca de color gris verdoso, de textura porfírica, compuesta de fenocristales de plagioclasa, hornblenda, biotita, cuarzo y una pasta



**Figura 14:** Inclusiones fluidas trifásicas de origen secundario. Se diferencian fase líquida, vapor y sólida (cristal cúbico de halita y hematita).



**Figura 15:** Inclusiones fluidas secundarias acuosas con formas regulares.

cristalina (Regalado, 2003).

La mineralización en la mina Mirkokleia está alojada en vetas en el contacto de la brecha de cuarzo turmalina, explorada mediante 2 piques verticales. El rumbo de las vetas es de 310° y buza 85° al oeste.

### ***Alteración Hidrotermal***

En el yacimiento predominan rocas porfíricas y rocas granosas alteradas. La roca porfírica pre-

senta alteración potásica (fase feldespática) fuerte en toda la pasta y turmalinización fuerte que afecta a los fenocristales de plagioclasa en donde la turmalina los reemplaza la que también está como agregados junto con cuarzo en la roca.

La roca granosa alterada presenta sericitización y silicificación fuertes y una limonitización moderada a fuerte. La sericita reemplaza a la plagioclasa y feldespato potásico, la silicificación afecta también a estos fenocristales reemplazándolos por cuarzo secundario, mientras que la limonitización está representada en microvenillas rellenas por limonitas y reemplazando a los minerales opacos.

### Mineralización

La mineralización en la mina Mirkokleia se constituye por calcosina primaria enriquecida en sus bordes por digenita, granos diseminados de calcopirita en mayor proporción que pirita y escasa presencia de wolframita tabular. Los minerales de oxidación forman pátinas de malaquita y abundante goethita colorforme. Al oeste de Mirkokleia en la manifestación San Roque se determinaron cristales esqueléticos de Bi nativo.

Los análisis químicos del muestreo efectuado por Pelichotti y Rojo (1979) varían entre 0,07 y 2,44 % Cu y entre 100 y 250 g/ t Bi

Los análisis realizados en el INTEMIN (2006) dieron los siguientes valores destacables: Fe 8464

ppm; Cu: 24390; Mo: 250 ppm; Ag: 2,6 ppm.

### Inclusiones Fluidas

En cuarzo anhedral se identificaron tres tipos principales de inclusiones fluidas. Las más abundantes son trifásicas en grupos intragranulares con formas regulares e irregulares. Como mineral hijo se observa halita o halita + hematita (Figura 14). Los datos microtermométricos indican rangos de temperaturas de homogeneización por disolución de halita entre los 192 a 344 °C y salinidades entre 31,5 a 42,4 % en peso equ. NaCl.

Le siguen en abundancia inclusiones ricas en fase acuosa (Figura 15), las cuales se encuentran en microfracturas y en grupos intragranulares. Presentan formas regulares y una relación de fases constante. Estas inclusiones muestran temperaturas de homogeneización entre 176 a 237 °C, homogeneizando principalmente a líquido, aunque algunas pocas lo hicieron a fase vapor. Tienen una salinidad promedio de 16% en peso equ. NaCl. En microfracturas o en grupos intragranulares aislados o junto con inclusiones trifásicas se encuentran inclusiones ricas en fase vapor con formas regulares e irregulares alargadas (Figura 16).

#### 4.2.1.2. Mina Rodophis

Se encuentra ubicada 20 km en dirección SE de la localidad de Tocota en el departamento Iglesia en el borde oriental de la Cordillera Frontal a unos 3200 m.s.n.m. Las labores de la mina Rodophis están a 1.500 m al oeste del campamento La Fraguüita.

El cuerpo de brecha es columnar y se va acunando en profundidad (Figura 17). Las rocas aflorantes de la zona conforman una secuencia sedimentaria neopaleozoica (Formación Cerro Agua Negra) intruida por cuerpos plutónicos neopaleozoicos a triásicos pertenecientes al Plutón Tocota y es cubierto por unidades volcánicas y volcanosedimentarias permo-triásicas del Grupo Choiyoi y terciarias del Grupo Melchor (Regalado, 2003). Las variedades litológicas locales son del tipo granodioritas y monzodioritas con venas y venillas cuarzo-turmalínicas y pegmatitas con flogopita. La brecha está constituida por clastos de granitos con tamaños que varían de 0,5 a 50 cm de diámetro, algunos tabulares y dispuestos

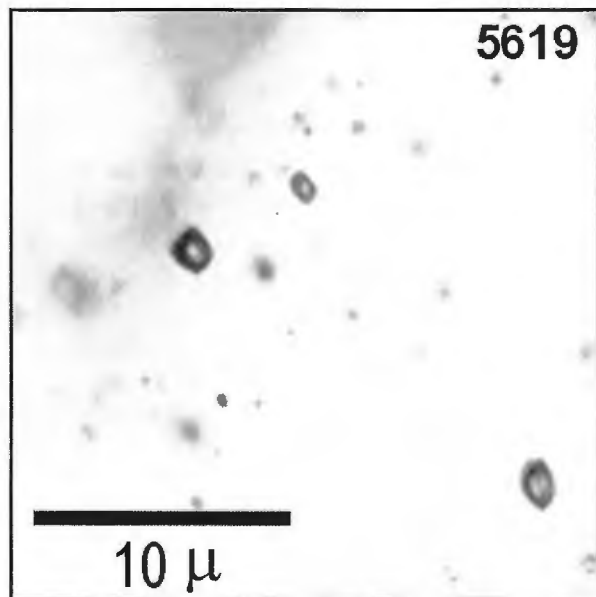


Figura 16: Inclusiones fluidas de origen secundario ricas en fase vapor con formas regulares.

en forma paralela al contacto y cementados por cuarzo y turmalina.

Bassi (1982) señala la presencia de dos sectores mineralizados, uno al oeste relacionado con la brecha y el llamado Sabatié desarrollado en el cuerpo de granodiorita donde se encuentra el principal laboreo del depósito con mineralización vetiforme de cobre acompañada por una masa ferruginosa con cuarzo.

Regalado (2003) destaca el metasomatismo que afectó al Granito de La Fragueta generando turmalinización ampliamente distribuida en la zona, poniendo en evidencia la actividad de fluidos tardío - magmáticos ricos en boro que fueron liberados en la zona durante la consolidación del Plutón Tocota.

### Alteración Hidrotermal

En la granodiorita y monzodiorita se observa alteración potásica dominante (fase biotítica) incipiente a leve que afecta a la biotita magmática. Tiene además una alteración sericítico-arcillosa de origen meteórico fuerte que afecta a plagioclasas y feldespatos potásicos de la roca.

La caja granodiorítica de la brecha Rodophis está muy alterada (argilitizada) y contiene venillas

de oxidados de cobre.

La alteración potásica según Regalado (2003), se manifiesta por la presencia de biotita y feldespato potásico. La biotitización se encuentra en la pasta del pórfiro dacítico y en menor proporción en el granito y también se observa en la zona de contacto. El feldespato potásico en forma de venillas alcanza normalmente entre 2 y 5 cm a cada lado de las mismas.

### Mineralización

Los minerales metalíferos se alojan en fracturas de brecha. Se observan tablillas de wolframita, pirita y calcopirita diseminadas en ganga. Es escasa la presencia de Bi nativo y Au nativo dispersas como cristales esqueléticos y chispas respectivamente. La magnetita está diseminada en la roca de caja con parcial alteración a hematita. La oxidación es abundante y está constituida por malaquita y arseniatos de Bi, observándose además que la magnetita diseminada en la roca de caja está parcialmente alterada a hematita.

Regalado (2003) determinó también la presencia de molibdenita, pirrotina, covellina y digenita.

El sector explotado de la mina corresponde

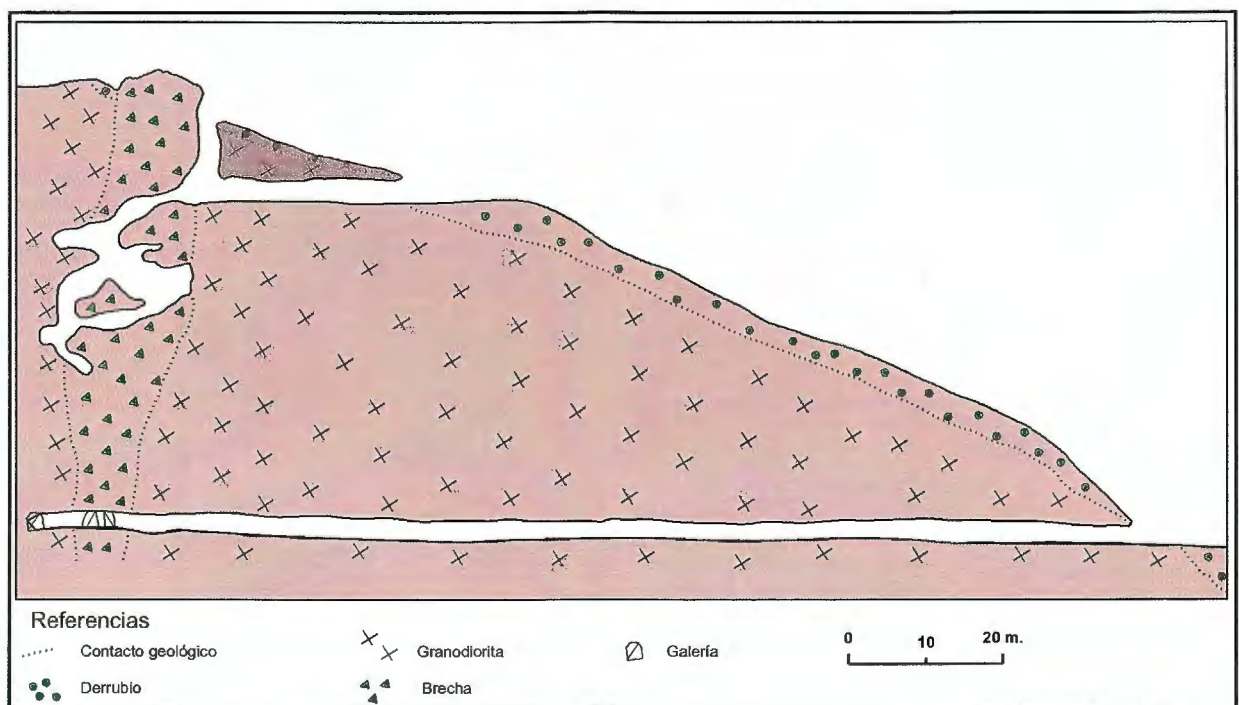


Figura 17: Esquema Mina Rodophis (Modificado de Pelichotti y Rojo, 1979).

a la zona de precipitación de minerales oxidados que coincide con el sector de vetas ubicado en el contacto con las brechas.

El muestreo efectuado por Pelichotti y Rojo (1979) indica valores de Cu entre 0,20, 4,41 y 5,84% y Bi entre 100 y 500 g/t. Regalado (2003) menciona valores de 0,05 a 6,02 ppm de Au, 1 a 36,5 ppm de Ag, 21,83 a 250,1 ppm de Pb, 2,28 a 40,05 ppm de Zn y 36 a 115,3 ppm de Ni.

### Inclusiones Fluidas

Se reconocieron tres tipos principales de inclusiones en cuarzo anhedral. Inclusiones ricas en fase acuosa que se encuentran en grupos in-

trágranulares, con formas regulares y relación líquido-vapor constante. Estas inclusiones homogeneizan a líquido entre los 179 a 185 °C y la temperatura de fin de fusión del hielo es de -12,4 °C representando una salinidad de 16,3 % en peso equ. NaCl. Inclusiones trifásicas caracterizadas por la presencia de una fase acuosa, una burbuja de vapor y una o dos fases sólidas. La fase sólida siempre presente es halita, la cual puede estar acompañada por hematita. Estas inclusiones muestran una homogeneización total por disolución de halita entre los 335 a 356 °C y una salinidad promedio de 42 % en peso equ. NaCl. Por último, se identificaron inclusiones ricas en fase vapor que se ubican principalmente en microfracturas que cortan granos cristalinos o en

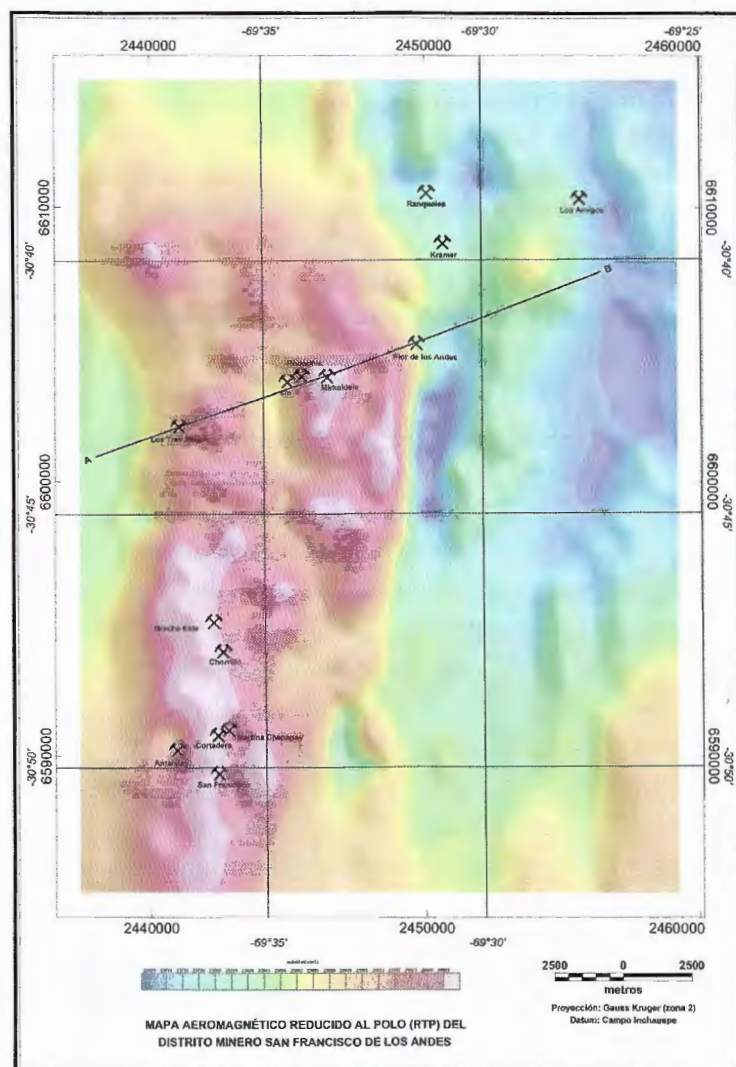


Figura 18: Mapa de campo magnético reducido al polo (RTP) del Distrito Minero San Francisco de los Andes. AB: ubicación del perfil magnético modelizado.



grupos intragranulares junto con las inclusiones trifásicas.

#### 4.3.1. Mina Flor de los Andes

Está ubicada a 10 km al SO de la estancia de Tocota, y a unos 40 km en línea recta hacia el SO de la localidad de Iglesia a 3.000 metros sobre el nivel del mar.

Las vetas están encajadas en una granodiorita gris rosada con dos sistemas principales de diaclasas de rumbo N30°E y N50° O que tienen unos 50 m de longitud y 0,40 m de espesor.

Existe un rajo a cielo abierto de 8 - 14 m de diámetro con un pique en su parte central desde

donde se desarrollaron tres niveles de -6, -16, -24 que comprende el cruce de las dos vetas. El total del laboreo asciende a 134 m de galerías y 36 m de calicatas (Angelelli, 1984).

#### Alteración hidrotermal y Mineralización

La alteración hidrotermal predominante es la caolinitización.

Entre los sulfuros primarios predomina pirita y calcopirita y escasa bismutina. Los productos oxidados son malaquita, crisocola y limonitas. La ganga es de cuarzo, turmalina y caolín. La mineralización se presenta a manera de "nidos" distribuidos irregularmente en la veta.

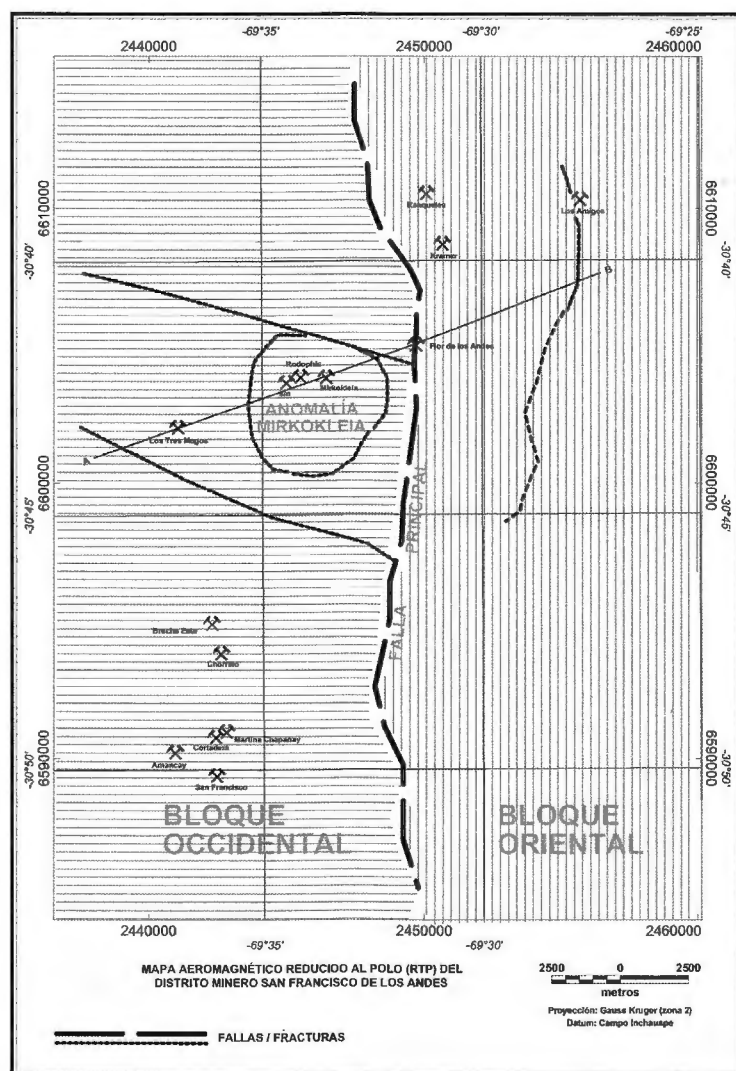


Figura 19: Mapa de interpretación geológica del levantamiento aeromagnético del Distrito Minero San Francisco de los Andes.

Lo análisis químicos mostraron valores de Cu entre 0,07 y 3,41% y Bi de 250 ppm Pelichotti y Rojo (1979).

#### 4.3.2. Mina Tres Magos

Se encuentra situada a 115 km al N de la mina San Francisco de los Andes, sobre la Quebrada Amarilla a 3600 metros sobre el nivel del mar.

La existencia de Bi en esta mina se descubrió en 1942 y los trabajos realizados fueron trincheras y cortas galerías (Angelelli, 1984).

Las características geológicas son similares a las de la mina San Francisco de los Andes con presencia de cuarcitas y pizarras sobre la granodiorita atravesadas por vetas de cuarzo y filones de material aplítico portadores de turmalina.

La mineralización en la granodiorita está constituida por arseniatos de Fe y Bi en forma de pátinas.

## 5. GEOFÍSICA DEL ÁREA DE BRECHAS DE CORDILLERA FRONTAL

Los datos aeromagnéticos del Distrito Minero San Francisco de los Andes corresponden a una porción del bloque de levantamiento geofísico aéreo "Precordillera Sur" (Figura 18) realizado por el Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR, 1998).

La magnetometría aérea del distrito permite distinguir, en primer lugar, dos grandes sectores contrastantes separados por una falla norte-sur ubicada aproximadamente en los 69° 32' O (falla principal). Al oeste de esta estructura (bloque occidental) la intensidad magnética es claramente mayor que hacia el este de la misma (bloque oriental). Se interpreta que esta diferencia de primer orden se origina en la yacencia de las rocas ígneas pérmicas de la región, ubicadas respectivamente, en un bloque elevado y en un bloque hundido.

Dentro del bloque occidental, elevado y con mayor señal magnética, en particular, se distingue una anomalía sub-circular (anomalía Mirkokleia) de aproximadamente 4,5 kilómetros de diámetro que engloba a la manifestación

mineral Mirkokleia; la manifestación mineral Rodophis se ubica en el perímetro (¿fractura sub-circular?) de esta anomalía (Figura 19), donde la intensidad magnética es menor que en el sector central, posiblemente debido a fracturamiento, circulación de fluidos y desmagnetización concomitante.

La modelización de un perfil magnético OSO-ENE que atraviesa la anomalía Mirkokleia (Figura 20) permite asignarla a un centro eruptivo distinguible dentro de las rocas magmáticas pérmicas. Asimismo, la modelización también sugiere que internamente, este centro eruptivo está atravesado por una fractura en su sector central, como lo indica el desdoblamiento de la anomalía en dos picos (véase Figura 20).

Dentro del bloque oriental se distingue un sub-bloque de orientación sub-meridiana; la manifestación mineral Dos Amigos se ubica en el borde oriental del mismo, posiblemente definido por una falla o fractura.

Finalmente, el distrito también está atravesado por al menos dos fracturas/fallas de orientación ONO-ESE, ortogonales y anteriores a la estructuración ándica.

## 6. CONSIDERACIONES GENÉTICAS Y PROPUESTA DE MODELO

Los yacimientos del área corresponden a una faja de orientación N-S que Malvicini y Caminos (1994) relacionaron al Cinturón orogénico San Rafael y al episodio Gondwánico. Están vinculados a los cuerpos magmáticos y volcánicos gondwánicos y corresponden a un ambiente de retroarco.

La metalogenia gondwánica es muy compleja y se caracteriza por presencia de F, Mo, U, Cu (Mn, Au) y además con W, Pb-Zn (Ag), Fe, Bi, As y proporciones menores de Sn, Sb, Ba, V, Ti, B, Th y REE.

Sillitoe (1985) analiza la presencia de brecha - pipes relacionadas genéticamente a rocas intrusivas no alteradas y sin mineralización. En el área de estudio algunos sectores presentan una gradación caracterizada por una o más brecha-pipes asociadas a rocas intrusivas frescas. Hacia sectores donde las brechas constituyen diques, en el intrusivo en contacto con el cuerpo porfírico, hay una relación espacial y genética con los procesos de brechamiento.

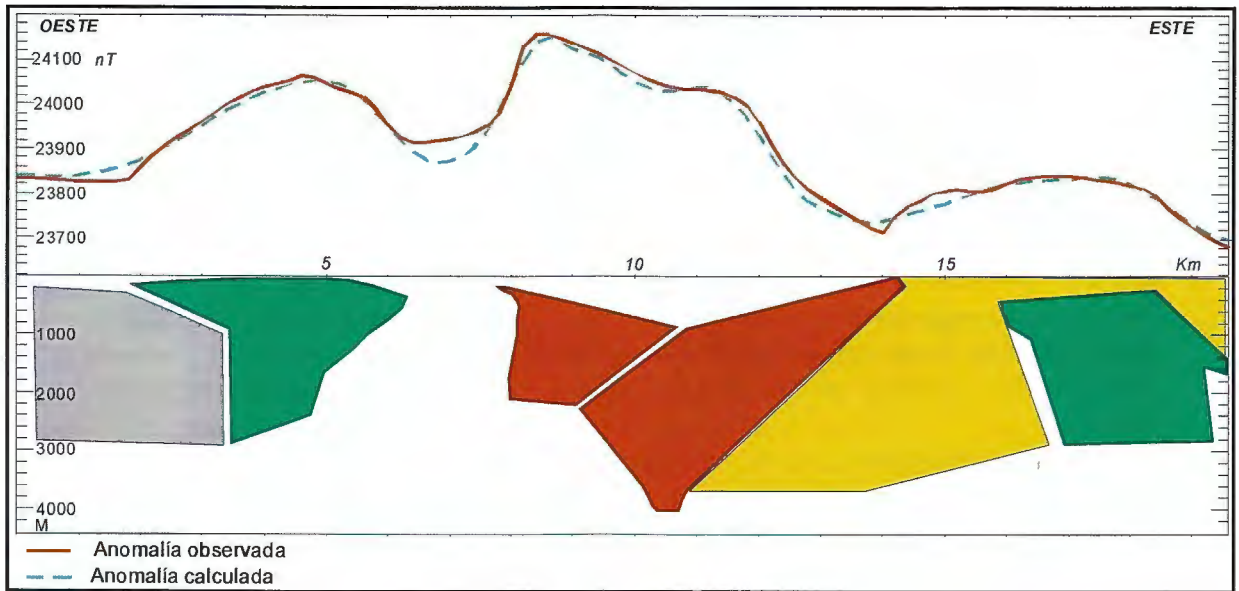


Figura 20: Modelización del perfil aeromagnético del Distrito Minero San Francisco de los Andes.

En general las brechas fueron sometidas a algún grado de reemplazo hidrotermal con relleno de espacios abiertos, cortan varios tipos de litologías y están relacionadas a intrusiones. Esto último se observa en la figura 21.

Desde el punto de vista geofísico la modelización de un perfil magnético OSO-ENE que atraviesa la anomalía Mirkokleia permite asignarla a un centro eruptivo distinguible dentro

de las rocas magmáticas pérmicas. Asimismo, también sugiere que internamente, este centro eruptivo está atravesado por una fractura en su sector central, como lo indica el desdoblamiento de la anomalía en dos picos.

El estudio de inclusiones fluidas en muestras de los diferentes yacimientos de la zona presentan características de mineralización de tipo pórfido de cobre de emplazamiento some-

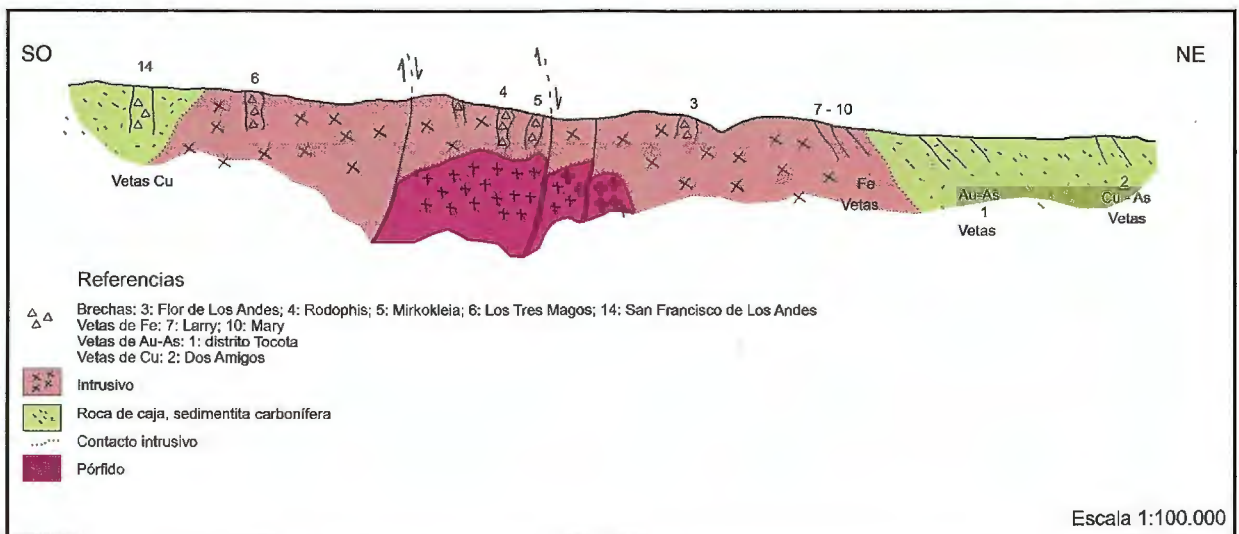


Figura 21: Perfil esquemático SO-NE donde se identifican las brechas, el cuerpo intrusivo y el cuerpo porfírico en la zona central del área.

ro. Las características de las inclusiones fluidas (fases, distribución, formas, entre otras) permiten junto con los datos microtermométricos relacionar, en forma general, a las muestras de San Francisco de los Andes, Pingo, Martina Chapanay, Tres Amigos, Mirkokleia y Rodophis a zonas superiores de un cuerpo porfírico. En inclusiones fluidas trifásicas de muestras de Rodophis y Mirkokleia fueron identificados como minerales hijos, cristales de hematita, lo que permite suponer un fluido rico en Fe (que coincide con la anomalía magnética).

En las muestras analizadas de La Fortuna-El Chorrillo fueron observadas principalmente inclusiones acuosas sin evidencias de aporte magmático predominante lo que permitiría relacionar-

las con fluidos tardío magmáticos probablemente diluidos con circulación en zonas distales del sistema hidrotermal

Las temperaturas de homogeneización muestran una amplia variación (entre 138° y 388 °C) como así también las salinidades, que son de moderadas a altas (11 a 46 % en peso equ de NaCl). Las más altas temperaturas y salinidades son afines a estadios tempranos del desarrollo de pórfiros de cobre asociados con la alteración potásica; en tanto los estadios tardíos, en general se relacionan con fluidos de temperaturas y salinidades mas bajas.

En la mineralización del área se observa una zonación vertical y lateral que varía desde una zona proximal con depósitos localizados al sur y

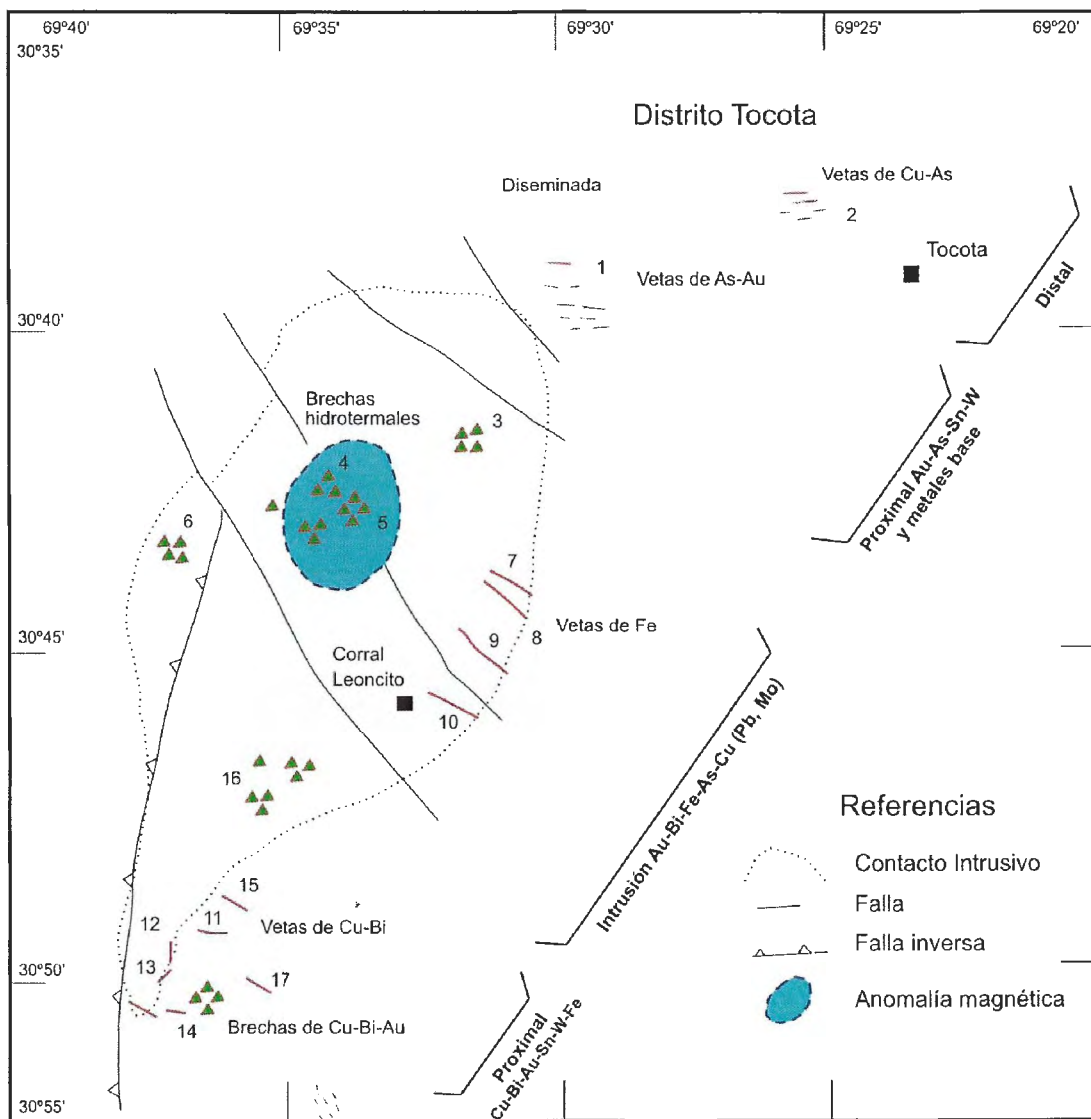


Figura 22: Esquema de zonación de la mineralización del área San Francisco de los Andes.

asociados a la roca de caja adyacente a los cuerpos intrusivos. Este sector involucra a las minas San Francisco de los Andes (Cu- Bi-Au- Sn -W), Amancay (Cu-Fe), La Cortadera (Cu) y Pingo (Cu); y se caracteriza por la ausencia de metales base. Los depósitos relacionados al intrusivo comprende las minas Mirkokleia, Rodophis, Flor de los Andes, San Roque y Tres Magos; todas ellas con mineralización de Au - Bi - Fe - As - Cu  $\pm$  Pb  $\pm$  Mo, donde comienzan a aparecer escasos minerales portadores de Mo y Pb. Hacia el norte se diferencia otra zona proximal con minerales portadores de Au - As - Sn - W y además metales base que la distinguen de la zona proximal sur.

Por ultimo al norte, y cercana a las minas Ro-

dophis y Mirkokleia se encuentra una zona distal que comprende el distrito Tocota, que si bien no formó parte del presente trabajo Machuca et al., (1994) sugieren por estudios de anomalías geofísicas, la presencia de un cuerpo tipo pórfiro con mineralización disseminada de Cu.

Finalmente las investigaciones realizadas tales como: relación de la brecha - pipe a un intrusivo; evaluaciones de datos geofísicos; inclusiones fluidas; mineralización y alteración hidrotermal; evidencian la presencia de un cuerpo intrusivo que en profundidad podría sugerir una mineralización disseminada en el sector delimitado por las minas Mirkokleia y Rodophis extendiéndose hasta las cercanías de la denominada Flor de los Andes.

**LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO**

- Aluvi3n S.R.L. 1976.** Estudio geol3gico Mi-  
nero Mina La Cortadera. San Juan. Informe  
in3dito. Ley 20551
- Angelelli, V., 1950.** Recursos Minerales de la  
Rep3blica Argentina. I. Yacimientos Meta-  
l3feros. Rev. Inst. Cien. Nat. Museo Bernar-  
dino Rivadavia Cien. Geol.. Tomo II. Buenos  
Aires.
- Angelelli, V. 1943.** El dep3sito auri-argento-bis-  
mut3fero de la Sierra de la Cortadera, Mina  
San Francisco de los Andes "Departamento  
Calingasta, San Juan". Revista Minera, v.14  
(4): 110-124 (Buenos Aires).
- Angelelli, V. 1984.** Yacimientos Metal3feros de la  
Rep3blica Argentina. Volumen I. Comisi3n  
de Investigaciones Cient3ficas de la provincia  
de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Natu-  
rales y Museo de La Plata- UNLP. Instituto  
de Geol3gia Aplicada. 382 p3ginas.
- Aparicio, E. P., 1969.** Contribuci3n al cono-  
cimiento de la edad de los sedimentos del  
arroyo Agua Negra. Departamento Iglesia.  
San Juan. Rep3blica Argentina. Revista de la  
Asociaci3n Geol3gica Argentina, 24 (4): 351  
- 356.
- Aristarain, L. Y Somaruga, J.B. 1957.** San Fran-  
cisco de los Andes, Los Tres Magos, Depart-  
amento Calingasta, San Juan: Banco Industrial  
Rep3blica Argentina, n3 840, Buenos Aires
- Arrieta, J. A. 2001.** Geol3gia de la zona norte de  
la Quebrada La Fragüita, Calingasta, San Jua.  
Trabajo Final de Licenciatura. Facultad de  
Ciencias Exactas, F3sicas y Naturales, UNSJ
- Bassi, H.G.L.1983.** Posibilidad y proyecci3n del  
distrito polimet3lico del Leoncito, Iglesias-  
Calingasta, San Juan. II Congreso Nacional  
de Geol3gia Econ3mica, San Juan, tomo  
II, pp 379-388
- Bedlivy, D. y Llamb3as, E.1969.** Arseniatos de  
Cu, Fe y Pb en San Francisco de los Andes,  
prov. de San Juan, Argentina. Revista de la  
Asociaci3n Geol3gica Argentina 24: 29-40
- Bonolli Cipolleti, F.1950.** Informe sobre la mina  
San Francisco de los Andes", departamento  
Calingasta, provincia de San Juan: Inf. In3di-  
to. Instituto Ciencias Naturales, Museo Ber-  
nardino Rivadavia, Bs.As.
- Borelli E. y Pe3a, G. 1986.** Proyecto Mina Aman-  
cay. Evaluaci3n previa. San Juan. Servicio  
Geol3gico Minero Nacional. Informe in3dito  
N3 136. pp.26
- Borelli, D. Y Rojo, C. A. 1979.** Reconocimiento  
expeditivo del sector del faldeo oriental de  
la Cordillera de Olivares. Servicio Minero  
Nacional. Plan San Juan. Informe in3dito N3  
60. pp.20
- Cangialosi, A, Olivares, L. Manzanares, B y  
Belvideri, I. 1994.** Perspectivas de minerali-  
zaci3n aur3fera en brechas de la Quebrada La  
Fraguita, borde oriental de Cordillera Frontal,  
San Juan, Argentina. 73 Congreso Geol3gico  
Chileno. Actas Volumen II, p, 756-759
- Card3, R., I. Diaz, M. Cegarra, R. Rodr3-  
guez, N. Heredia y G. Santamar3a, 1998.**  
Hoja Geol3gica 3169 – I. Rodeo. Escala: 1:  
250.000. 70 pp. Servicio Geol3gico Minero  
Argentino. Buenos Aires.
- Escalante, A. M. y Lorenzetti, M I. de.1978.**  
Mina Amancay. G3nesis y parag3nesis. Ser-  
vicio Minero Nacional. Plan San Juan. Infor-  
me in3dito N3 57. pp 15
- Fern3ndez, C. G. 1997.** Mapeo geol3gico e in-  
terpretaci3n de zonas de alteraci3n hidroter-  
mal en la quebrada del Chorrillo, Calingasta,  
provincia de San Juan. Facultad de Ciencias  
Exactas, F3sicas y Naturales. Universidad  
Nacional de San Juan. Trabajo final de Licen-  
ciatura. In3dito. 67 p3ginas
- Furque, G.1979.** Descripci3n geol3gica de la  
Hoja 18c- J3chal. Bolet3n Servicio Geol3gico  
Nacional. 79 p. Buenos Aires
- Lencinas, A. N. 1990.** Informe sobre Mina San  
Francisco de los Andes, Compa3a Minera  
Aguilar S.A.

- Leveratto, M. A., 1976.** Edad de intrusivos cenozoicos en la Precordillera de San Juan y su implicancia estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 31 (1) 53-58
- Linares, E y E. J. Llambías, 1974.** Edad potasio-argón de la Granodiorita de la quebrada de Tocota, departamento Iglesia, provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (2): 135-136
- Llambías, E.J. y Malvicini, L. 1969.** The Geology and Genesis of the Bi-Cu Mineralized Breccia-Pipe, San Francisco de los Andes, San Juan, Argentina. *Economic Geology*, v.64, n°3 p.271-286
- Llambías, E. J. y Sato, A. M. 1990.** El batolito de Colangüil (29°-31°S), Cordillera Frontal de Argentina: Estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile*, 17 (1): 89-108. Santiago.
- Machuca, E, Grassi, I, Cruz, P, Rodríguez, J. Atencio; M y Ledesma, M. 1994.** Evidencias de un pórfido mineralizado en el área de Tocota, departamento Iglesia, San Juan, Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno. Actas Volumen II, pg.843-847. Universidad de Concepción.
- Madrid, A. J. 2004.** Geología de las minas Mirkokleia y San Roque, quebrada de La Fragüita, Calingasta, San Juan, Argentina. Trabajo Final de Licenciatura. Departamento de Geología. UNSJ. Pp103. Inédito.
- Malumián, N.; Nullo, F. y Ramos V.A. 1983.** The Cretaceous of Argentina, Chile, Paraguay and Uruguay. En *The Phanerozoic Geology of the World II. The Mesozoic*. M.Moullade and A.C. Naim (Eds) Elsevier, 265-304
- Malvicini, L. 1999.** El yacimiento polimetálico San Francisco de los Andes, San Juan. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 35:835-837, Buenos Aires
- Malvicini, L y Caminos, R. 1994.** La Época Mesotectónica Gondwánica en la República Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno. Concepción. Chile. Actas Volumen II: 848-852
- Pelichotti, R. O. y Rojo, C. A. 1979.** Estudio geológico minero de los yacimientos del flanco oriental de Cordillera Frontal (entre los paralelos 30°22' y 30° 47' Sur) provincia de San Juan. Secretaría de Minería. Servicio Minero Nacional. Informe inédito N° 66.pp.110
- Pezzani, G.L.V.1997.** Mapeo geológico e interpretación de zonas de alteración hidrotermal en el área comprendida entre Quebrada Seca y Quebrada La Cortadera, Calingasta, provincia de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Trabajo final de Licenciatura. Inédito.76 páginas
- Polanski, J., 1970.** Carbónico y Pérmico de la Argentina. Editorial de la Universidad de Buenos Aires.
- Ramos, V. 1988.** The tectonic of the Central Andes: 30' to 33' S latitude. *Process in Continental Lithospheric deformation*, S.Clark and D. Burchfiel (Eds) *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, 218; 31-54.
- Regalado, M. R. 2003.** Geología de la Mina Rodophis, departamento Calingasta, provincia de San Juan. Trabajo final de Licenciatura. Departamento Geología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Inédito pp.61
- Rodríguez Fernández, L. R., Heredia, N., Marín, G., Quesada, C., Robador, A, Ragona, D. y Cardó, R 1996.** Tectonoestratigrafía y estructura de los Andes argentinos entre los 30° 30' y 31° 00' de latitud sur. *Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 2: 111 – 124. Buenos Aires.
- Rodríguez Fernandez, L. R.; Heredia, N., Quesada, C., Robador, A., Marin, G. y Cardó, R. 1996.** Hoja Geológica 3169 XIV Castaño Viejo Provincia de San Juan. Segemar. Buenos Aires. Inédito

- Rodríguez, L. 2002.** Geología de la zona sur de la quebrada de La Fragüita, departamento de Calingasta, San Juan. Trabajo Final de Licenciatura. Departamento de Geología. UNSJ. Pp: 68. Inédito.
- Sato, A. M., E. Llambías, S. E. Shaw y C. E. Castro; 1990.** El batolito de Colangüil: Modelo del magmatismo neopaleozoico de la provincia de San Juan. Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan, 1:100 - 122. San Juan.
- Segal, S., Cozzi, G.A., Pinto, A. y R. Cardó; 2006.** Hallazgo de mottramita en la manifestación Cortaderas, distrito San Francisco de los Andes, San Juan, Argentina. VIII Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Pp:175-180. Buenos Aires.
- Sillitoe, R.H. 1985.** Ore related breccias in volcanoplutonic arcs. *Economic Geology*, volume 80, number 6. pp. 1467-1514
- Stoll, W.C.1964.** Metallogenic belts, centers and epochs in Argentine and Chile: *Econ. Geol.*, v.59, p.126-135
- Stoll,1965.** Metallogenic province of South America: *Mining Magazine*, v.112, p.22-23 y 90-99.
- Uliana, M.A. y K.T., Biddle; 1988.** Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South. America *Rev. Bras. Geoc.*, 18: 172-190.
- Wetten, C., 1975.** Geología del valle de Iglesia, su relación con los yacimientos de diatomita de Lomas del Campanario e importancia económica. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, 1, 70 p. (inédito).
- Yrigoyen, M. R., 1972.** Cordillera Principal. En Leanza, A. F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*, pp.354 -364. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.



***Modelo de mineralización en “El Pingüino”  
(depósito Cerro León), región del Deseado,  
Santa Cruz***

Mario Zubia, Raúl Giacosa, Marta Godeas,  
Susana Segal y Lidia I. Korzeniewski



### 1. INTRODUCCIÓN

Se presentan aquí nuevos datos surgidos del estudio de las menas en superficie del prospecto “El Pingüino”, ubicado en la región del Deseado, su caracterización mineralógica y textural en sus aspectos meso y microscópicos y, por último, un análisis de inclusiones fluidas. Las mineralizaciones se hallan centradas alrededor de las coordenadas 48° 01' 00" S y 68° 38' 30" O y son conocidas como “Área Ea. El Piche” (Zubia y Genini, 2003), Depósito Cerro León (Jovic *et al.*, 2005) o área de cateo “El Pingüino”, de acuerdo a la denominación actual registrada en la Dirección Provincial de Minería de Santa Cruz por su actual concesionaria, Argentex Arg. SA.

El análisis del área se llevó a cabo en el contexto de un trabajo de mayor envergadura (Mapa Metalogénico de la provincia de Santa Cruz) que

está efectuando el SEGEMAR. El mapeo de superficie y la toma de muestras fueron realizados por Zubia y Genini (2003). La presente investigación ha tomado en cuenta datos y muestras de superficie ya que no se ha podido acceder a aquellos obtenidos por sondeos.

La paragénesis mineral de muestras de testigos de los primeros sondeos realizados por Mincorp Exploraciones SA fue analizada por Jovic *et al.* (2005), quienes sugieren una asociación propia de ambientes de alta temperatura. Tomando en consideración que en el ámbito de la Provincia au-roargentífera del Deseado (Schalamuk *et al.*, 1999), la mayoría de los depósitos presentan asociaciones minerales compatibles con condiciones de menor temperatura (Schalamuk *et al.*, 1999; Zubia y Genini, 2003), resulta de sumo interés ahondar en el estudio de este prospecto.

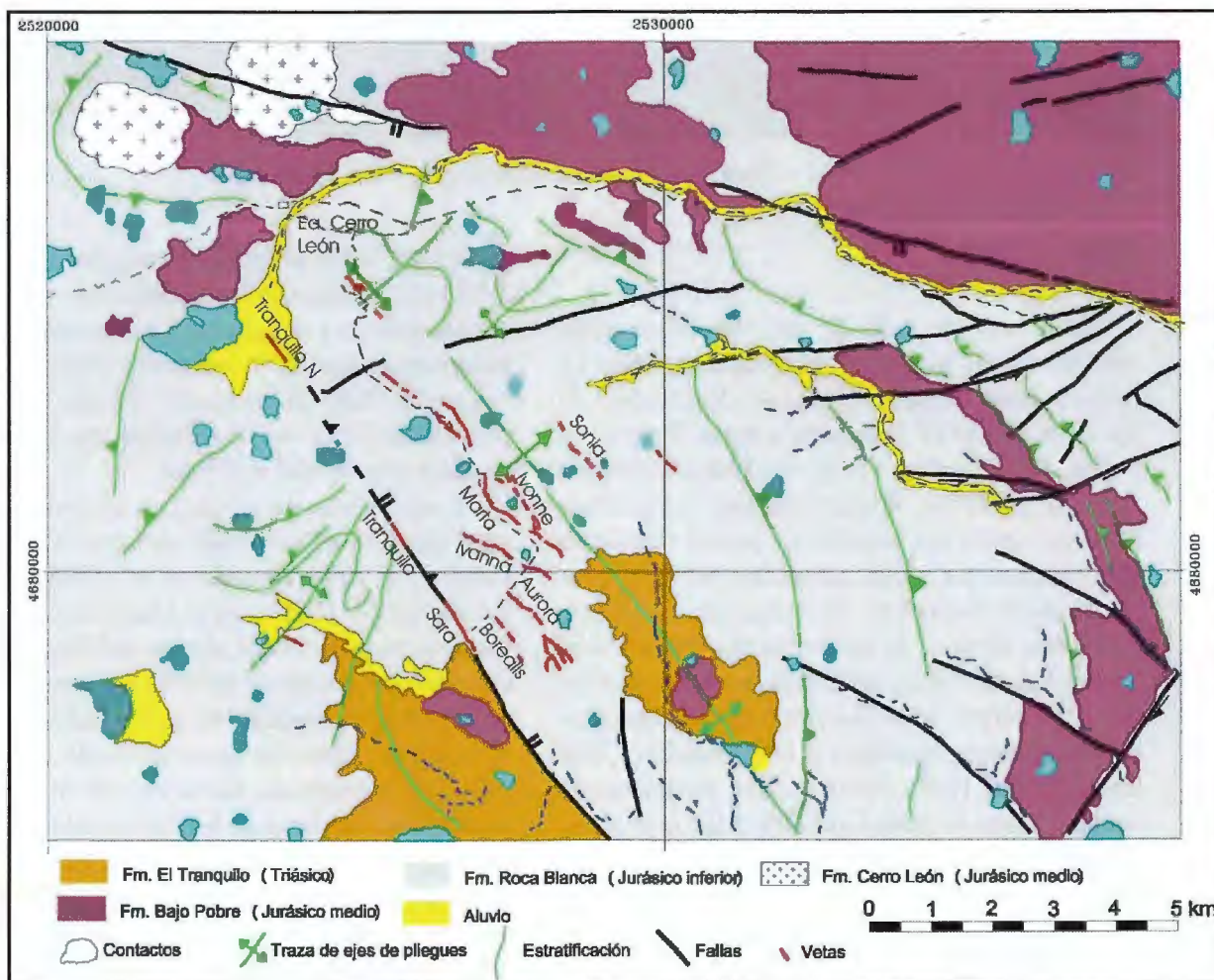


Figura 1. Mapa de ubicación del cateo “el Pingüino”.



Foto 1: Vista diversas de las texturas presentes en las vetas.

## 2. GEOLOGÍA

Las rocas de caja de las mineralizaciones vetiformes del prospecto El Pingüino (Fig. 1), corresponden a sedimentitas continentales de las formaciones El Tranquilo y Roca Blanca (Di Persia, 1956, Herbst, 1965), del Triásico medio a superior y Liásico, respectivamente. La primera está constituida por areniscas y pelitas fosilíferas y la segunda por tobas, areniscas, tufitas y pelitas, también fosilíferas. En zonas vecinas afloran volcanitas básicas de la Formación Bajo Pobre (*sensu* Panza, 1982), extruidas en el Dogger inferior, y cuerpos intrusivos, de composición intermedia a básica, asignados a la Formación Cerro León (Pezzi, 1970; Panza, 1982), posiblemente coetáneos con la unidad anterior. Algo más alejadas afloran ignimbritas y tobas ácidas del Grupo Bahía Laura (*sensu* Lesta y Ferello, 1972) depositadas en el lapso Bajociano-Calloviano (Zubia y Genini, 2003).

Las mineralizaciones están en un sector caracterizado por dos rasgos tectónicos muy conspi-

cuos. Uno, el "anticlinal El Tranquilo" (Di Persia, 1956) que involucra a las sedimentitas y a las volcanitas básicas y que muestra, en aquellas, repliegues contenidos en la estructura mayor. El otro rasgo es la "falla El Tranquilo" (Panza, 1984), que con rumbo N 35°-40°O e inclinación 70°-75°NE, se ubica al oeste del anticlinal.

Sobre la base de un análisis tectónico-estructural apoyado en secciones sísmicas (Courtade y Constantini 1994; Homocv *et al.*, 1996; Homocv y Constantini, 2001) y en el Mapa de Lineamientos Aeromagnéticos del Macizo del Deseado, procesado por Chernicoff (2000), se determinó que la falla fue de carácter normal y activa durante el Jurásico, sometida posteriormente (Cretácico superior) a inversión tectónica por transpresión sinistral, acomodándose la deformación mediante fallas inversas, de desplazamiento lateral y pliegues. La mineralización del sistema vetiforme debería su actual posición al levantamiento asociado a la inversión tectónica del Cretácico superior.

La mineralización se presenta esencialmente en tres vetas mayores y en sectores de la falla El

Tranquilo.

Las vetas se emplazan discordantemente en areniscas medianas a finas y pelitas bien estratificadas, pertenecientes a la Formación Roca Blanca y, parcialmente, en sedimentitas clásticas de la Formación El Tranquilo. Las vetas Marta, Ivanna, Aurora y otras, resultan del relleno de fracturas menores que podrían relacionarse estructuralmente con la “falla El Tranquilo”, conformando con esta un juego antitético de fallas normales. Localmente, las fracturas que contienen las vetas tuvieron movimientos menores de desplazamiento de rumbo, lo que explicaría los estrechamientos y “jogs” dilatacionales ubicados a lo largo de sus trazas.

La veta más extensa (Marta) tiene rumbo N 40°O e inclinación 65°-70°SO y una longitud continua de 3.200 m que, por unión de afloramientos esporádicos alineados, puede extenderse hasta 6.000 metros. Esta estructura posee un espesor promediado de 4 m, destacándose un sector aislado de más de 300 m de largo, donde el espesor alcanza los 12 m de relleno continuo. Otro sector,

de similar longitud, consiste en una veta principal central de 1,50 m de potencia, con vetas menores y venillas anastomosadas en diseño cerrado (*stockwork*) a ambos lados de aquélla, totalizando un ancho de 40 metros.

Las otras dos vetas mayores (Ivanna y Aurora), de 1,50 m de potencia promedio, poseen 1.700 y 1.500 m de longitud y tienen rumbos generales de N 65°O y N 45°O respectivamente, con inclinaciones de 60°-70°SO.

En observación megascópica, las vetas muestran relleno silíceo bajo la forma de calcedonia y cuarzo cristalino, los que conforman un gran porcentaje del volumen de los minerales presentes. Se observan frecuentemente pirita y minerales oxidados de manganeso, minerales arcillosos y escasas limonitas. Se encuentran las típicas texturas de relleno de los depósitos epitermales de Au-Ag, tales como bandeamiento y crustificaciones coliformes (Foto 1), drusas y cocardas y en menor proporción, texturas de reemplazo isomórfico de minerales lamelares (calcita?). El cuarzo cristalino, de crecimiento muy notorio en las cavidades



**Foto 2:** Vista de veta en sentido del rumbo donde se destacan las trincheras de exploración.

drúscas, suele presentar en ellas cristales de hasta 10 cm de longitud. Los crecimientos coliformes dominados por la variedad calcedónica presentan capas alternantes de diversas coloraciones desde el blanco al gris oscuro o negro y comúnmente se intercalan entre ellas, capas finas color castaño muy claro o rosa pálido constituidas esencialmente por arcillas.

Las vetas han sido intensamente exploradas en superficie mediante trincheras (más de cien trincheras espaciadas 25 y 50 m entre sí (Foto 2) y también se ha constatado la presencia de numerosos sondeos. Una primera etapa de sondeos (aproximadamente 2.000 m) fue realizado en la década del '90, por el primer concesionario del área (Mincorp Exploraciones SA), desconociéndose el metraje perforado por Argentex Arg. SA desde que se hizo cargo de la concesión. Se desconocen igualmente los resultados analíticos obtenidos durante las diversas etapas de exploración.

En ambos hastiales, las vetas presentan alteración silíceo (relleno de venillas) y arcillosa moderada a fuerte, sólo visible en trincheras.

El relleno de la falla El Tranquilo conforma un trazo muy conspicuo con un recorrido de más

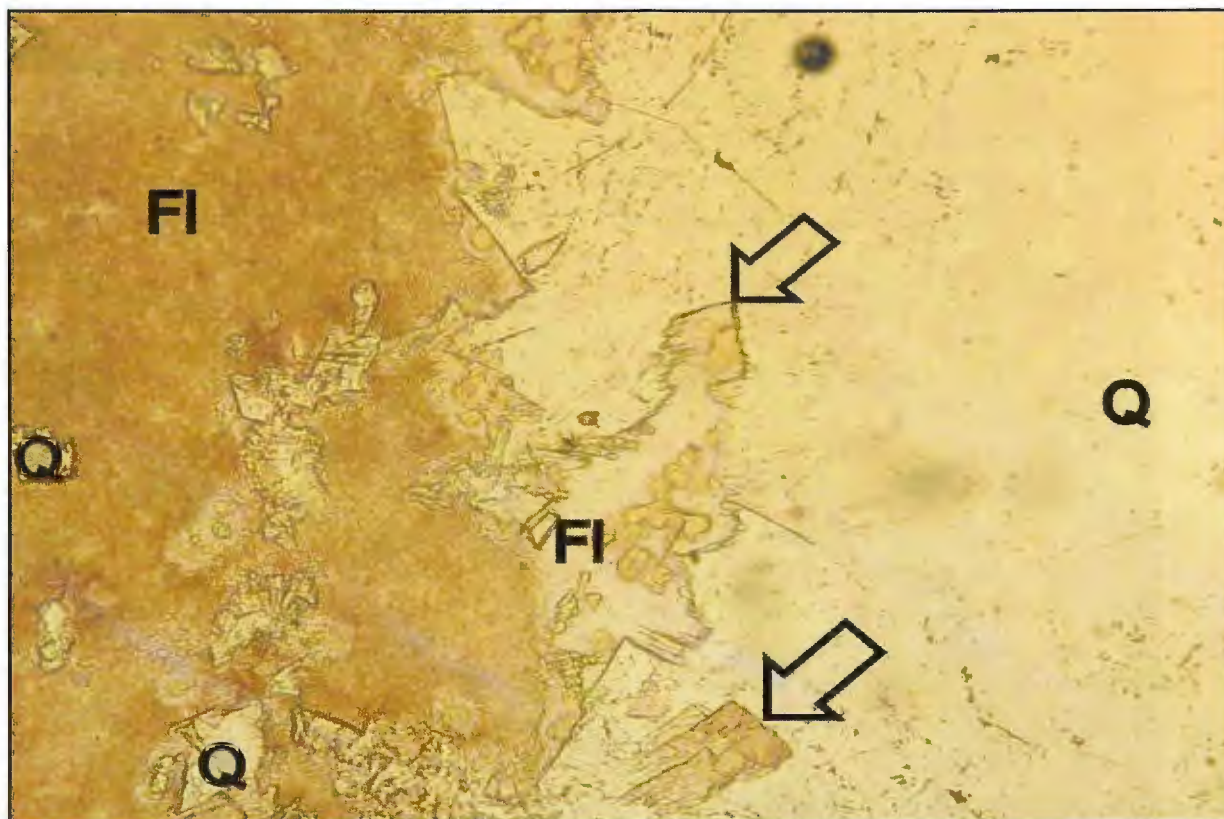
de 8 km, fácilmente observable en la imagen satelital; solamente sobre unos pocos cientos de metros de la falla se ha comprobado mineralización metalífera.

El plano de esta falla se presenta como un crestón silicificado cuya potencia varía entre 3 y 20 metros. Está constituido por una brecha clastosostén en la que predominan clastos angulosos de cuarzo o de rocas fuertemente silicificadas, de 5 a 10 cm de longitud. La mineralogía distinguible megascópicamente se completa con minerales oxidados de manganeso que tiñen a veces por completo el afloramiento, algunas manchas de "cobrecolor", escasa pirita dispersa y cuarzo de grano fino.

### 3. PETROGRAFÍA Y MINERALES DE ALTERACIÓN

Para la denominación de las texturas del cuarzo se ha utilizado la nomenclatura de Morrison *et al.* (1989) y Echevarría (1997).

Los estudios petrográficos de muestras de superficie muestran muy frecuentemente bandea-



**Foto 3:** Fluorita (FI) de hábito rómbico (señalado por las flechas) que avanza sobre cuarzo (Q). El color castaño amarillento de la fluorita se debe a la alteración arcillosa (montmorillonita). Sin analizador. La barra indica 0,2 milímetros.

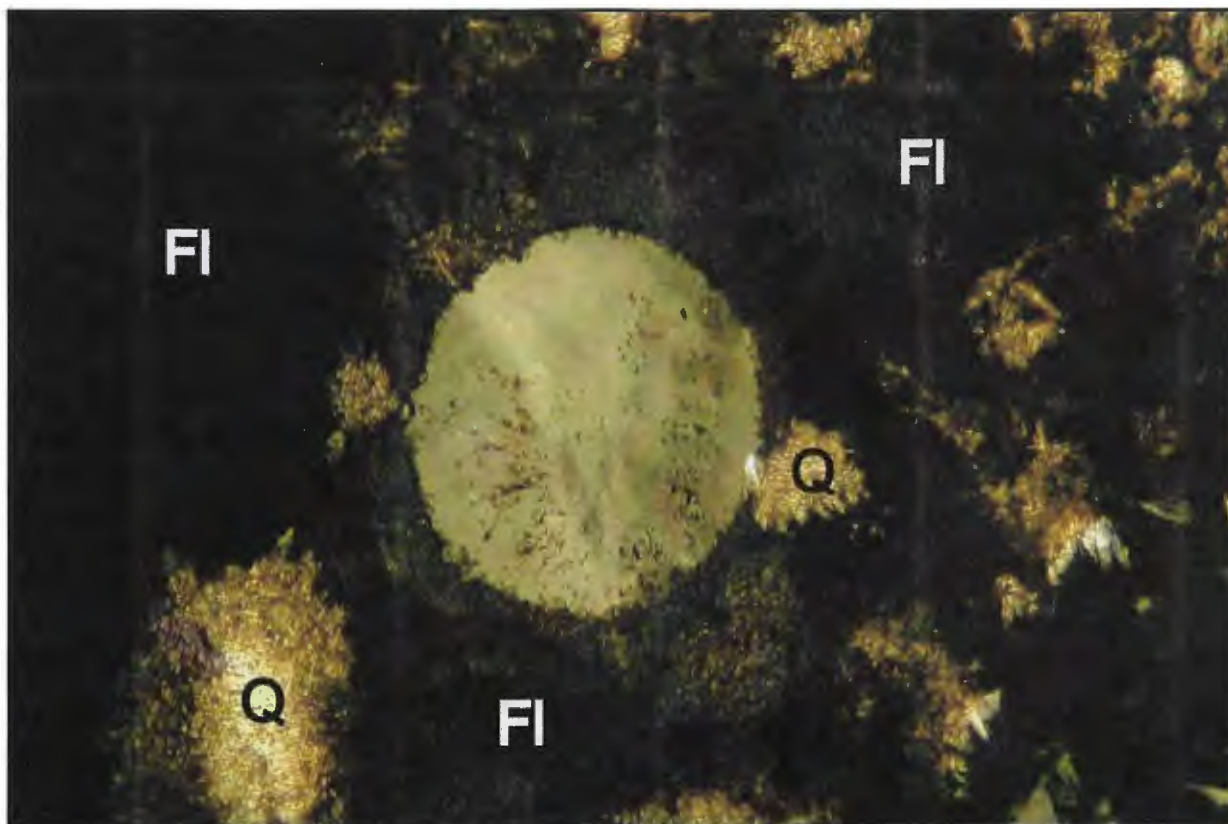
miento costriforme, dado por la alternancia de diversas texturas del cuarzo y, en muchos casos, por la diferente composición mineralógica de algunas de las bandas. Individualmente las bandas poseen espesores variables entre uno y más de 15 milímetros.

Gran parte del cuarzo ha recristalizado a partir de la calcedonia original, como lo indican las texturas llameantes, microplumosas y en mosaico; otras texturas, tales como diente de perro, en peine, cristal zonal y maciza, indican crecimiento primario del mineral en espacio abierto. Es muy exigua la adularia con su típico hábito rómbico, observándose en algunas de las bandas de cuarzo. Las bandas de cuarzo alternan con otras de fluorita, mineral que se encuentra solo o acompañando al cuarzo. Las bandas en las que predomina la fluorita tienen color blanco amarillento a castaño amarillento claro, y en estos casos macroscópicamente la fluorita pasa desapercibida. El estudio al microscopio reveló que este color se debe a su alteración parcial a total a arcillas, proceso que se muestra en la foto 3, en la que la fluorita tiene un color castaño claro; utilizando el método de espectrometría de reflectancia SWIR, las arcillas se

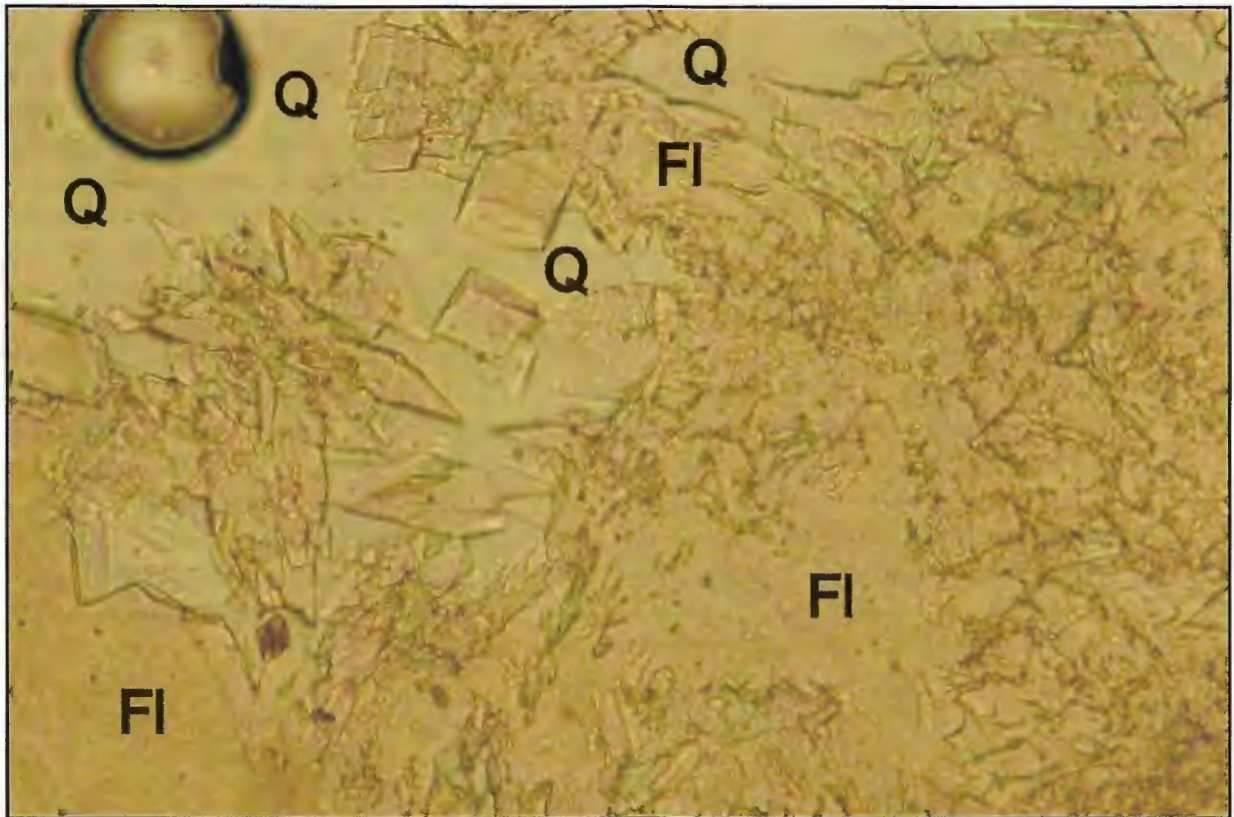
determinaron como montmorillonita y nontronita, que son de baja temperatura, y escasa caolinita.

La fluorita, además de cementar individuos de cuarzo de diferentes tamaños configurando una textura brechosa, frecuentemente rellena huecos y fisuras del cuarzo, forma venillas, penetra e incluso reemplaza (hecho pocas veces marcado en la literatura geológica) parcial a totalmente al cuarzo. Este proceso se puede observar en la foto 4, en la que se ven los relictos de cuarzo a modo de "islas" dentro de la masa de fluorita isotrópica; en este caso el cuarzo muestra reemplazo puntiforme por fluorita y además tiene bordes difusos causados por la corrosión que le produjo la fluorita. En el centro de esta misma foto hay una estructura circular, formada por cuarzo producto de recristalización a partir de calcedonia radial. Otro aspecto del proceso de reemplazo de cuarzo por fluorita se presenta en la foto 5.

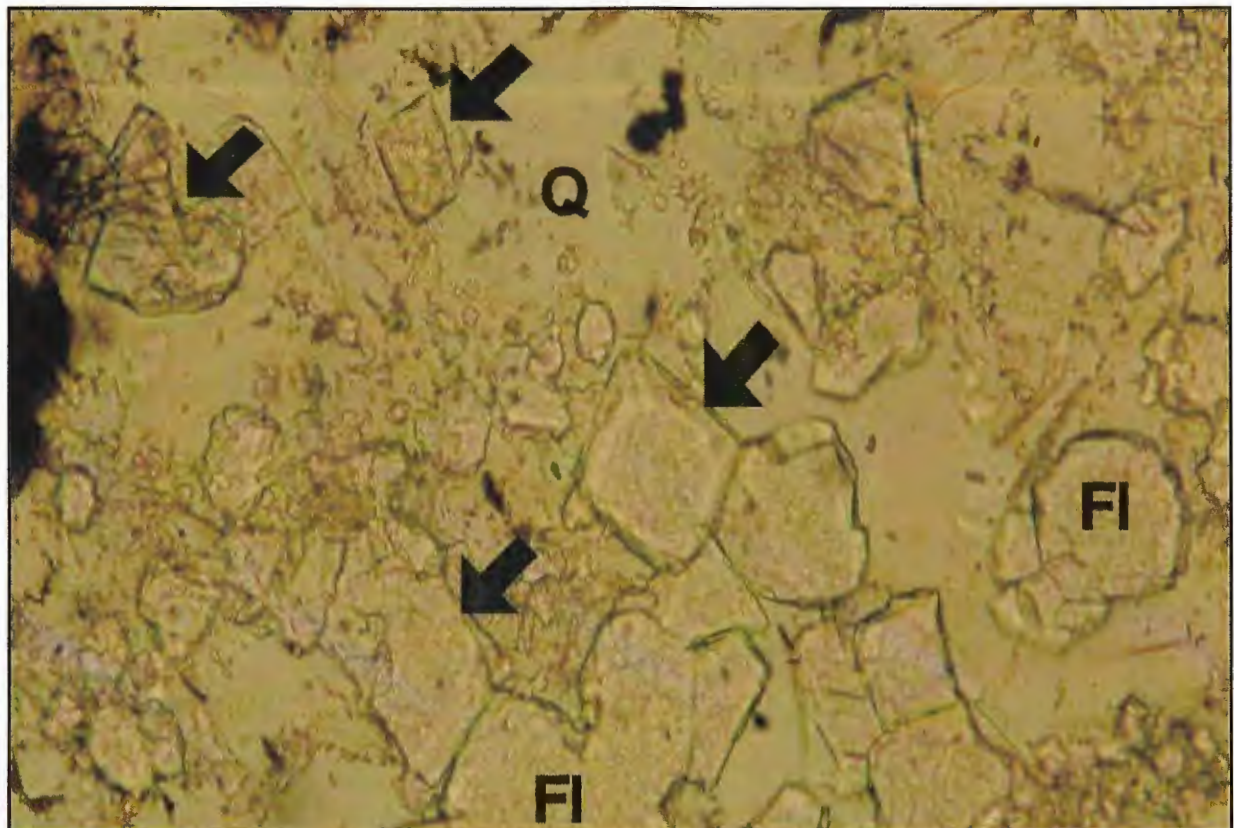
La foto 6 ilustra el hábito cúbico típico de la fluorita, aunque también existe la particularidad de que se hallan escasos individuos de fluorita de hábito rómbico que es poco común en este mineral. En otros casos, esta característica de la fluorita es más frecuente, tal como se puede observar en



**Foto 4:** Restos de cuarzo (Q) relicticos del reemplazo por la fluorita (FI). La estructura circular en el centro de la foto corresponde a calcedonia recristalizada a cuarzo. Con analizador. La barra indica 0,2 milímetros.



**Foto 5:** Fluorita (FI) que reemplaza al cuarzo (Q). Nótese el hábito rómbico de la fluorita. Sin analizador. La barra indica 0,1 milímetros.



**Foto 6:** Fluorita de hábito cúbico (FI). Las flechas señalan fluorita de hábito rómbico. Cuarzo (Q). El mineral oscuro es un mineral opaco. Sin analizador. La barra indica 0,1 milímetro.



las fotos 3 y 5. Es probable que la fluorita róm-bica sea producto de antigua calcita totalmente reemplazada.

En algunas ocasiones, los bordes de los individuos de fluorita tienen color azul violáceo, mientras que en otras el color es verde amarillento. Según Deer *et al.* (1992), el color azul se debe a la presencia de itrio en la composición, y el verde amarillento a la de itrio y cerio. Esta observación es consistente con fuertes anomalías geoquímicas en itrio en la zona.

#### 4. MINERALIZACIÓN METALÍFERA

La mineralización metalífera más importante observada en el análisis microscópico de muestras de vetas, es oro nativo y electrum con un tamaño promedio de 32  $\mu$ , dispersados en bandas de cuarzo blanco y en ópalo parcialmente limonitizado. La pirita acompaña a la mineralización aurífera en escasa proporción y se la observa como agregados granulares muy finos dispersos entre los minerales transparentes.

Sobre muestras de la falla El Tranquilo el estudio microscópico de la mineralización metalífera reveló la presencia de calcosina primaria diseminada, chispas de plata nativa y oro de hasta 20  $\mu$  de diámetro (Fotos 7 y 8) dispersas en el cuarzo, y escaso enriquecimiento supergénico representado por escamas y microvenillas de covellina y digenita (Foto 9) que alteran en los bordes a la calcosina primaria.

#### 5. INCLUSIONES FLUIDAS

El estudio de inclusiones fluidas se efectuó en secciones bipulidas de muestras de cuarzo de las vetas Marta e Ivanna y de la zona de falla El Tranquilo.

En la mayoría de las muestras analizadas se observaron abundantes inclusiones fluidas de origen primario, ubicadas en anillos de crecimiento o en núcleos de cristales de cuarzo, además de una gran cantidad de inclusiones en microfracturas que fueron clasificadas como secundarias y pseudosecundarias. No se encontraron evidencias

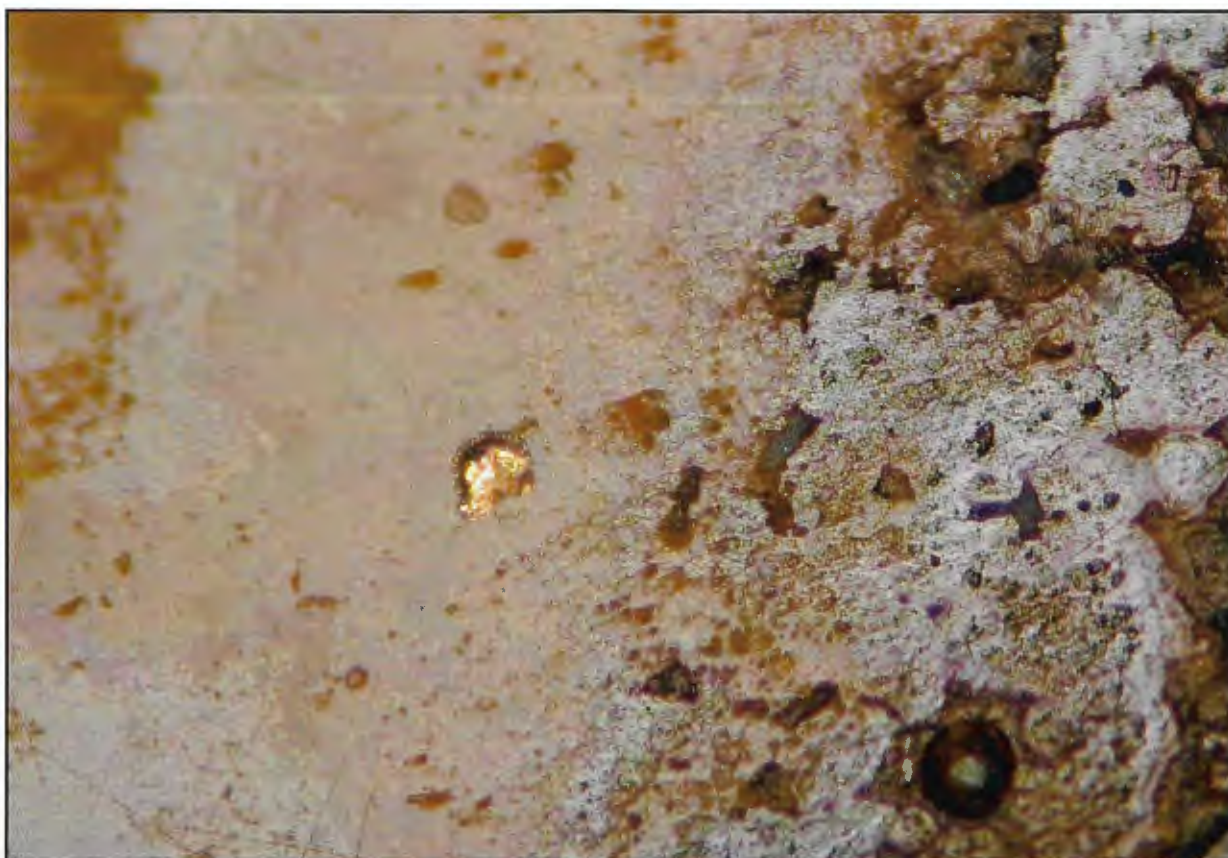
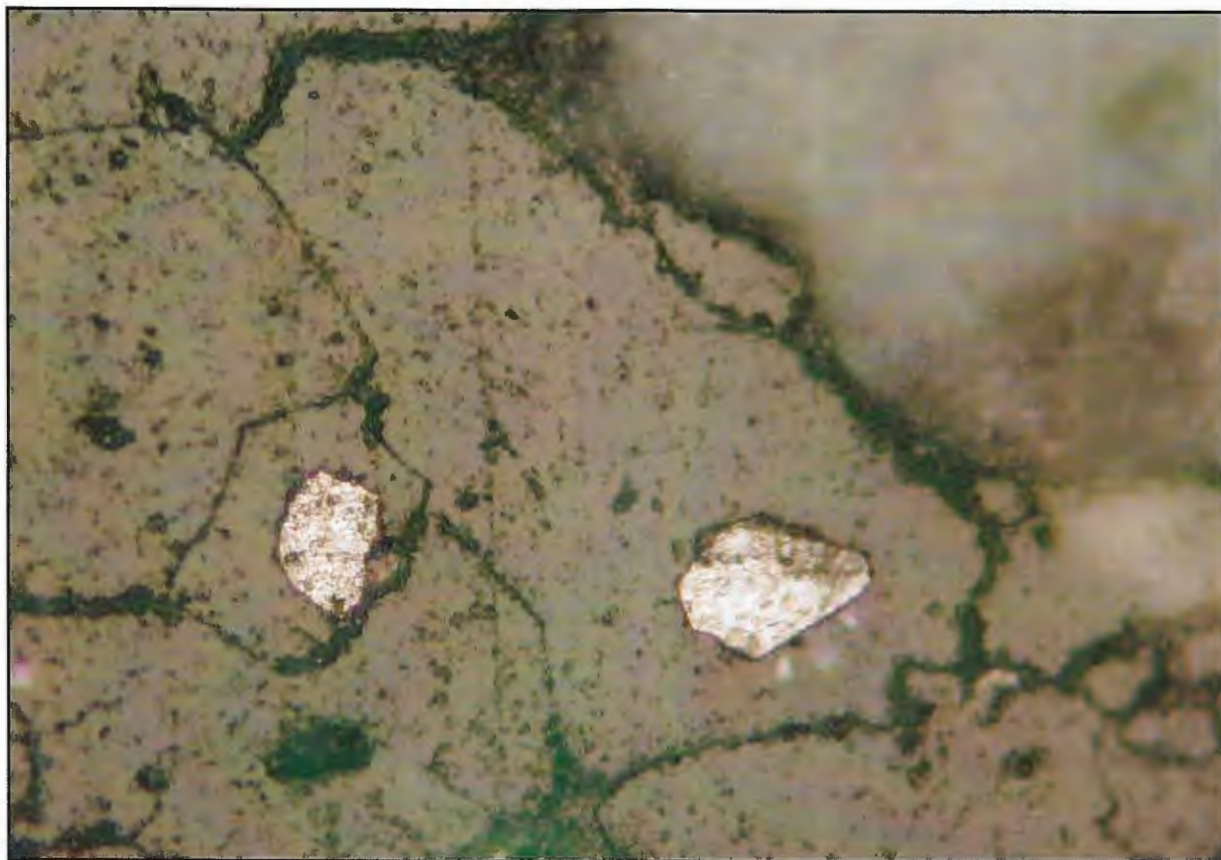
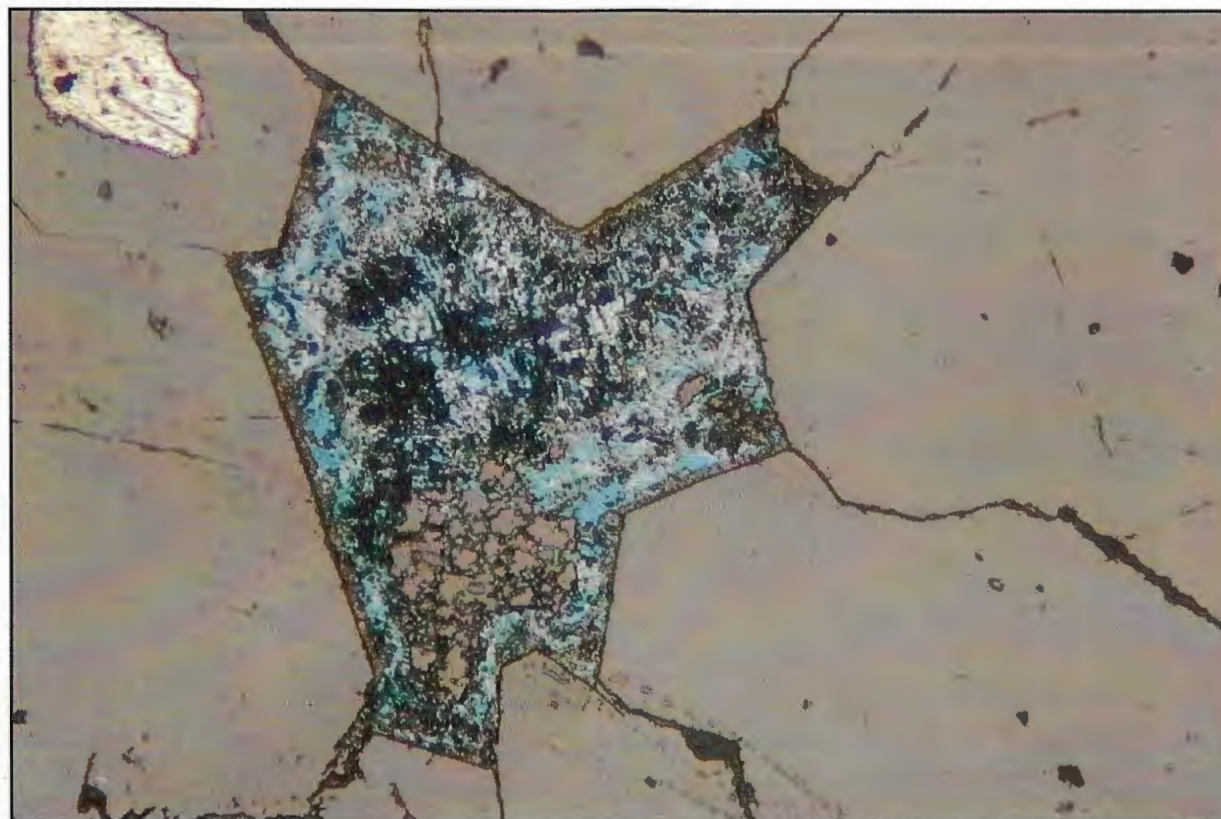


Foto 7: Chispa de oro en muestra de la Falla El Tranquilo.



**Foto 8:** Chispas de plata nativa



**Foto 9:** Covellina y digenita secundaria alterando a calcosina primaria.

de ebullición en el sistema, ni se pudo corroborar la presencia de CO<sub>2</sub>.

Se reconocieron dos tipos de inclusiones fluidas de acuerdo a las fases presentes a temperatura ambiente.

Las inclusiones de tipo I muestran fase líquido-vapor en relación variable. La fase vapor no supera el 50% del volumen de llenado de la inclusión. Tienen formas suavemente redondeadas y hasta de cristal negativo (Foto 10) e irregulares, encontrándose en núcleos de cristales euhedrales de cuarzo y/o en anillos de crecimiento, con tamaños máximos de 0,5 milímetros.

Dentro del tipo I se diferencian: inclusiones con salinidades bajas (entre 3,7 a 5% en peso equivalente NaCl) que homogeneizan a líquido entre 298 a 302°C, e inclusiones con salinidades de bajas a moderadas (8 a 12,7% en peso equivalente NaCl) que homogeneizan a líquido entre 306 y 310°C. En estas últimas inclusiones se infiere la presencia de CO<sub>2</sub> dado por la aparente formación de clatrato durante los ensayos de enfriamiento.

Las inclusiones de tipo II presentan fases líquido-vapor-sólido, con relación constante entre las fases (Foto 11). Todas presentan un solo cristal hijo que en la mayoría de las inclusiones se pudo identificar por su forma cúbica como halita. Las inclusiones tienen formas equidimensionales elongadas hasta de cristal negativo y se encuentran principalmente en los núcleos de los individuos de cuarzo euhedral, como así también eventualmente en aquellos con textura microplumosa. Las salinidades superan 26,5% en peso equivalente NaCl y

homogeneizan entre 298 y 300°C.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES Y DISCUSIÓN

Jovic *et al.* (2005) realizaron un análisis sobre los testigos de algunas perforaciones del prospecto y determinaron una mineralogía muy variada y totalmente diferente a la observada en superficie, señalando en profundidad la presencia de tres pulsos mineralizadores. El primero de ellos está caracterizado por el par cuarzo-pirita como minerales dominantes. El segundo es portador de una gran variedad mineralógica que por sectores transforma a la veta en otra con alto contenido de sulfuros (hasta el 90%). Entre los minerales metálicos descritos para este pulso se destacan arsenopirita, calcopirita, esfalerita, kesterita, casiterita, estannina, hübnerita, ferberita, sulfosales de Bi-Ag-Pb, argentita, freibergita, tetraedrita, enargita, galena, bournonita, greenockita y wurtzita. El último pulso está constituido exclusivamente por cuarzo.

Las características texturales y mineralógicas contrastantes entre los datos de superficie señalados en este trabajo y aquellos que resultan del estudio de muestras de sondeos (Jovic *et al.*, 2005), la alta salinidad de parte de los fluidos mineralizadores, indicada por las inclusiones fluidas, y sus relativamente elevadas temperaturas de homogeneización sugieren que las características de esta mineralización presenta diferencias importantes

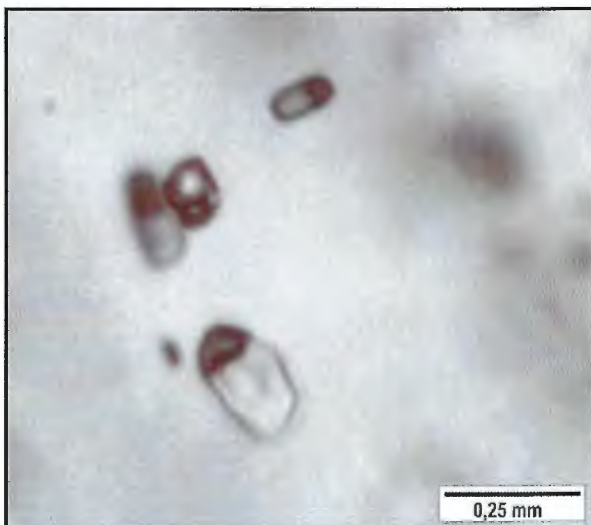


Foto 10: Inclusiones fluidas acuosas de tipo I

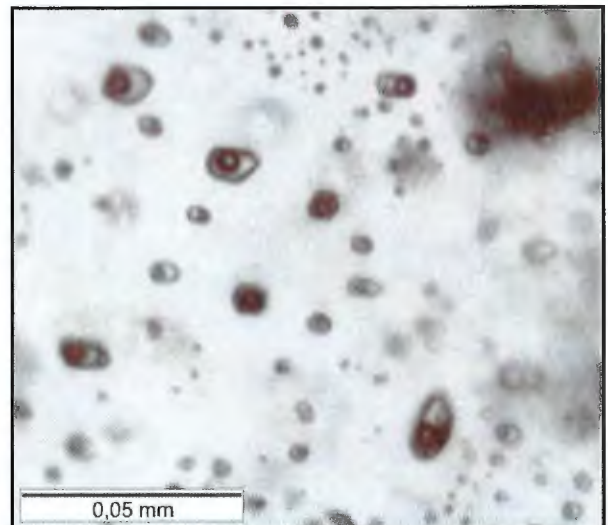


Foto 11: Inclusiones fluidas de tipo II, donde se diferencian cristales de sales.

con aquellas del modelo de vetas epitermales de metales nobles y baja sulfuración, propuesta para las mineralizaciones de la región.

Al menos una parte de la mineralización (minerales de Sn y W) parecería ajustar mejor con paragénesis de depósitos generados en las proximidades de fuentes ígneas intrusivas. Por otra parte, la mineralización de Au, Ag, Pb, Cu y Zn y su importancia volumétrica sugieren modelos de depósitos epitermales de metales nobles de sulfuración intermedia. Por último, la expresión en superficie de la mineralización resulta consistente con los esquemas del epitermalismo de baja sulfuración.

Para un futuro análisis metalogénico del área deberá tenerse en cuenta que la presencia de gran cantidad de fluorita en los niveles superiores y depositada en más de un pulso mineralizante, indicaría un cambio -poco observado en la región- en las condiciones físico-químicas (y composicionales?) de las soluciones hidrotermales, en relación con el descenso de la temperatura y la presión.

Se postula que al menos parte de la fluorita podría estar representando un pulso mineralizan-

te posterior a la mineralización principal, ya que en varias ocasiones rellena venillas que cortan a las bandas de cuarzo.

Las inclusiones fluidas de las vetas y las del relleno de la falla El Tranquilo presentan características similares y la presencia de oro, plata y electrum es común a ambos rellenos; sin embargo, las diferencias texturales entre estos rellenos son rasgos que con los conocimientos actuales del área no pueden ser explicados.

No se han reconocido en el área próxima al depósito cuerpos intrusivos o subvolcánicos que puedan haber funcionado como "motor" del sistema hidrotermal. Se supone, sin embargo, que dichos cuerpos deben existir en profundidad y que su desarrollo puede estar relacionado con el del Grupo Bahía Laura.

En síntesis, a pesar de ser escaso el conocimiento metalogénico del depósito, por las connotaciones marcadas anteriormente deberá ser analizado como una excepción en el contexto metalogénico regional y considerar en él una variación zonal vertical (Park y MacDiarmid, 1975) de paragénesis de diferentes temperaturas y/o una superposición de eventos mineralizantes.

## LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Chernicoff, J., 2000.** Mapa de Lineamientos Aeromagnéticos. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Versión digital.
- Courtade, S. y Constantini, L., 1994.** Informe geológico-estructural y análisis geotectónico preliminar del área El Tranquilo. Provincia de Santa Cruz. Informe YPF S.A. (inédito).
- Deer, W. A., Howie, R. A. y Zussman, J., 1992.** An Introduction to the Rock Forming Minerals. Longman Group. Segunda edición. 696 páginas. Reino Unido.
- Di Persia, A., 1956.** Informe previo al levantamiento geológico a escala 1:100.000 de la zona norte de la provincia de Santa Cruz al sur del río Deseado. 3ª. Campaña. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 56 p. (inédito).
- Echevarría, L. E., 1997.** Texturas del cuarzo del depósito epitermal El Dorado-Monserrat, Provincia de Santa Cruz: descripción e implicancias genéticas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52 (4): 491-503.
- 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.
- Homoc, J. y Constantini, L., 2001.** Hydrocarbon exploration potencial within intraplate shear related depocenters: Deseado and San Julián basins, southern Argentina. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 85 (10): 1795-1816.
- Homoc, J., Constantini, L., Pellón de Miranda, A. y Ferreira, R., 1996.** Evolution of the Deseado Massif in Argentina and its relationship with the San Julián Area in the South Atlantic Ocean. International Conference and Exhibition, American Association of Petroleum Geologists, Annual Convention, Abstract, San Diego.
- Jovic, S. M., Guido, D. M., Schalamuk, I. B., Melgarejo, J. C. y Proenza, J., 2005.** Mineralogía de veta Ivonne, Depósito Cerro León: ¿Paragénesis de alta temperatura en la Provincia Auroargentífera del Deseado? 16º Congreso Geológico Argentino, Actas, 257 – 262. La Plata.
- Lesta, P. y Ferello, R., 1972.** Región extraandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En Geología Regional Argentina (Ed. Leanza). Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, 601-653.
- Morrison, G., Guoyi, D. y Jaireth, S., 1989.** Textural zoning in epithermal quartz veins. Klondike Exploration Services. Inédito. 21 páginas. Australia.
- Panza, J. L., 1982.** Descripción geológica de las Hojas 53e “Gobernador Moyano” y 54e “Cerro Vanguardia”. Servicio Geológico Nacional, 197 p (inédito).
- Panza, J. L., Zubia, M., Genini, A. y Godeas, M., 1984.** Hoja Geológica 4969-II- “Tres Cerros”, Provincia de Santa Cruz. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Secretaría de Minería de la Nación. Boletín 213.
- Park, C. F. y MacDiarmid, R., 1975.** Ore Deposits. Freeman and Co. 3ª edición. 530 páginas. San Francisco.
- Pezzi, E. E., 1970.** Informe geológico preliminar zona Los Pirineos-Cañadón Largo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 49 p. (inédito).
- Schalamuk, I. B., de Barrio, R. E., Zubia, M., Genini, A. y Echeveste, H., 1999.** Provincia

auroargentífera del Deseado, Santa Cruz. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35, 1177 – 1188.

**Zubia, M. y Genini, A., 2003.** Yacimientos auroargentíferos epitermales del Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz. Serie Contribuciones Técnicas. Recursos Minerales 13/D, SEGEMAR. Buenos Aires.

## FE DE ERRATAS

**“Modelo de mineralización en “El Pingüino” (depósito Cerro León), región del Deseado, Santa Cruz”. Mario Zubia, Raúl Giacosa, Marta Godeas, Susana Segal y Lidia I. Korzeniewski.**

**- Donde dice: “fluorita de hábito rómbico” o “fluorita rómbica” (texto de página 35 y 37; fotos 3, 5 y 6), debe decir: “fluorita pseudorrómbica”.**

**- Donde dice:**

**- Foto 3. “La barra indica 0,2 milímetros”, debe decir “El ancho de la foto es 0,5 milímetros”.**

**- Foto 4. “La barra indica 0,2 milímetros”, debe decir “El ancho de la foto es 0,5 milímetros”.**

**- Foto 5. La barra indica 0,1 milímetros”, debe decir “El ancho de la foto es 0,25 milímetros”.**

**- Foto 6. La barra indica 0,1 milímetros”, debe decir “El ancho de la foto es 0,25 milímetros”.**

## **SEGEMAR**

Avenida Julio A. Roca 651 10 Piso Telefa : 3 - 50 3115  
(C1067ABB) Buenos Aires República Argentina  
[www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar) [info@segemar.gov.ar](mailto:info@segemar.gov.ar)

**Armado y Diseño editorial: Julian A. Souto**

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR Prohibida su reproducción