

# Falla Esperanza: cabalgamiento post-mineral del Eoceno Superior - Oligoceno?, Distrito Centinela, Norte de Chile

Carlos Marquardt<sup>1</sup>, Miguel Caceres<sup>2</sup>, Constantino Mpodozis<sup>1</sup>, Paula Cornejo<sup>1</sup> y Eduardo Lazcano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Antofagasta Minerals S.A, Avenida Apoquindo 4001, Piso 18, Las Condes, Chile

<sup>2</sup>Minera Esperanza, Avenida Apoquindo 4001, Piso 13, Las Condes, Santiago, Chile

\*email: cmarquardt@aminerals.cl

**Resumen.** La geología del Distrito Centinela se caracteriza tanto por afloramientos de rocas del Mesozoico y Cenozoico como por importantes zonas de deformación asociadas a fallas inversas y de rumbo que se disponen en la vertiente occidental de la Cordillera de Domeyko. Estas rocas forman parte de bloques limitados por fallas N-S a NE-SE, las que se han activado y reactivado durante varios eventos tectónicos. Algunos de los yacimientos de pórfidos cupríferos (~43-39 Ma), que se encuentran en el distrito (eg. Esperanza y Encuentro) se encuentran en las cercanías de las zonas de deformación. En el pit de Esperanza es posible estudiar algunas de las fallas regionales y, una de ellas, la Falla Esperanza pone en contacto rocas del Jurásico sobre rocas del Cretácico. Esta falla representa un evento de deformación post mineralización ocurrido durante el Eoceno superior-Oligoceno? y se encuentra sellada por sedimentos del Mioceno.

**Palabras Claves:** Yacimiento Esperanza, Fallas Inversas, Fallas de rumbo, Pórfidos cupríferos, Eoceno.

## 1 Antecedentes generales

El Distrito Minero Centinela (DMC), ubicado al suroeste de Calama y al sur de la Sierra Limón Verde, incluye un corredor mineralizado de 40 km de largo que recorre el borde occidental del bloque paleozoico de la Cordillera de Domeyko (Marinovic y García, 1999; Perelló *et al.*, 2004). Este Distrito hospeda numerosos yacimientos de pórfidos cupríferos del Eoceno Medio (~43-39 Ma) dentro de los cuales destacan los yacimientos Mirador, Esperanza, Esperanza Sur (ex Telégrafo) y Encuentro (ex Caracoles) hacia su límite septentrional y Penacho Blanco (ex Centinela) y Polo Sur, hacia su límite meridional.

Característicos del DMC son los afloramientos de rocas subvolcánicas, volcánicas y sedimentarias mesozoicas y paleógenas que constituyen bloques estructurales, limitados por algunas de las fallas mayores del Sistema de Fallas de Domeyko (Mpodozis *et al.*, 1993). Estos bloques están separados por extensas cubiertas de gravas aluviales neógenas que representan la erosión de la Cordillera de Domeyko a partir del Eoceno. Un ejemplo de estos corresponde al Bloque Esperanza (Fig. 1) donde se ubica el yacimiento homónimo. Estudios efectuados en la zona de Esperanza-Telégrafo han permitido establecer las relaciones entre la estructura y la mineralización.

En este trabajo presentamos algunos de los resultados de mapeo del rajo Esperanza y alrededores, que permitieron detectar, en esa zona, una importante falla (Falla Esperanza) que en la zona de la mina pone en contacto calizas jurásicas sobre rocas volcánicas del Cretácico superior (Fig.1)

## 2 Geología del Bloque Esperanza

La geología del Bloque Esperanza la constituye una secuencia monoclinial de rocas mesozoicas, de rumbo NE-SW inclinadas al W. El bloque está limitado hacia el este por la Falla Coronado, mientras que al oeste y noroeste por una falla que corresponde, probablemente, a la prolongación meridional de la Falla Pórfido Llano descrita originalmente por Perelló *et al.* (2003) en sub-superficie al este del Yacimiento El Tesoro (Fig. 1).

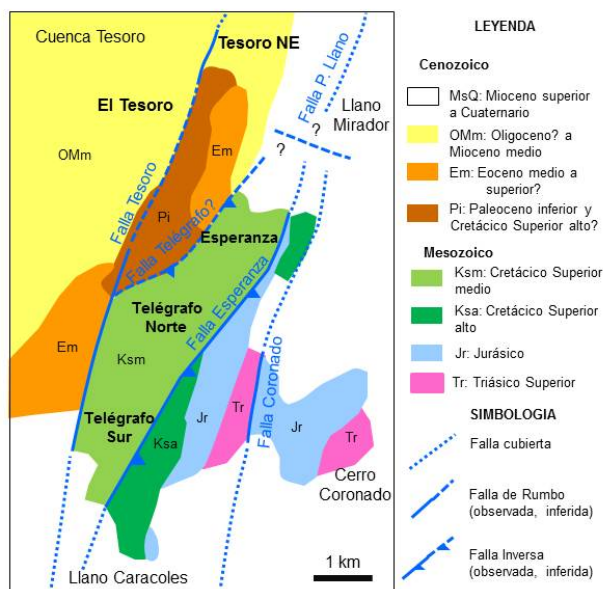


Figura 1. Geología simplificada del Bloque Esperanza.

La base de este monoclinial está constituida por más de 400 m de tobas y lavas riolíticas a daciandesíticas, con una edad U/Pb en circones de 203 Ma, pertenecientes a los Estratos de Las Lomas del Triásico tardío (Marinovic y García, 1999). Sobreyacen en discordancia de erosión a esta unidad ~300 m de rocas sedimentarias marinas jurásicas (Grupo Caracoles, Marinovic y García, 1999) que

incluyen, en la base, areniscas y conglomerados litorales del Toarciano-Aaleniano, cubiertas por calizas, areniscas y fangolitas calcáreas que en su parte más alta presentan fósiles del Oxfordiano e intercalaciones de yeso probablemente del Kimmeridgiano. Esta secuencia subyace en discordancia angular a más de 600 m de rocas volcánicas, piroclásticas y volcanoclásticas del Cretácico superior (Formación Quebrada Mala, Marinovic y García, 1999). Una datación U-Pb en circones efectuada en una muestra de basaltos recolectada al este de la falla Esperanza indicó un valor de 66 Ma mientras que dataciones en un dique (?) de dacita y tobas andesíticas recolectadas al oeste indicaron valores de 72 y 69 Ma, respectivamente, lo cual señala la importancia de esta falla, que pone en contacto, “fuera de orden” distintos niveles estratigráficos de la Formación Quebrada Mala.

Al este y noroeste del monoclinial de rocas mesozoicas afloran, y en contacto por falla con este (Fig.1), rocas volcánicas andesítico-basálticas subhorizontales, que atribuimos al Cretácico superior, intruidas por domos dacíticos de ~64 Ma (varias edades U/Pb en circones). Ambas están cubiertas en discordancia angular o bien aparecen en contacto por falla (Fig.1) con una secuencia de tobas, conglomerados y depósitos piroclásticos de bloques y cenizas en los cuales se han obtenido edades U-Pb comprendidas entre los 42 y 39 Ma.

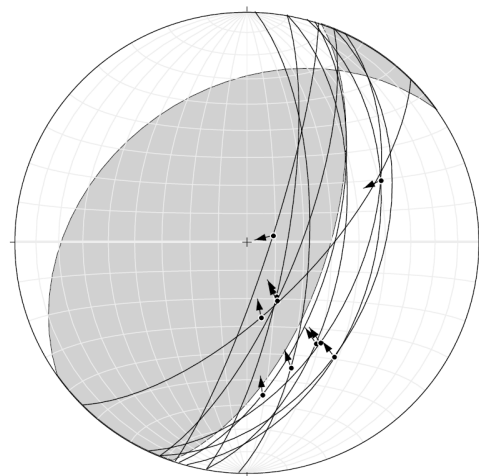
Trabajos de exploración efectuados en el sector de Telégrafo (Esperanza Sur) han evidenciado la presencia de una falla inversa post-mineral inclinada al este (Falla Telégrafo (Perelló *et al.*, 2004; Münchmeyer y Valenzuela, 2009; Bisso *et al.*, 2009) detectada a través de sondajes (que no aflora en superficie) y a través de la cual el bloque monoclinial de rocas mesozoicas cabalga sobre las rocas volcano- sedimentarias de Eoceno-(Oligoceno?). Esta falla que trasportó hacia el oeste los sistemas de pórfidos mineralizados de Esperanza y Telégrafo (41-40 Ma) sobre rocas volcánicas y sedimentarias, no alteradas ni mineralizadas de edad equivalente, han sido reconocidas hacia el este hasta las cercanías de la traza de la Falla Esperanza. Su relación con la Falla Telégrafo y la relación de esta última con la Falla Pórfido Llano es materia de discusión.

### 3 Falla Esperanza

En el rajo Esperanza, la falla homónima fue reconocida en el borde oriental del banco 2296 durante la ampliación de la Fase Tres a mediados del año 2011. En este lugar pone en contacto rocas sedimentarias marinas del Grupo Caracoles sobre rocas volcánicas de la Formación Quebrada Mala (Fig. 2). Las rocas sedimentarias del bloque colgante se encuentran sin alteración y están formadas tanto por calizas que contienen ammonites del Oxfordiano Tardío, como con un nivel de yeso en el techo, de unos 20 m de potencia, probablemente del Kimmeridgiano. A diferencia de las rocas jurásicas las

rocas volcánicas andesíticas del bloque yacente presentan una alteración propilítica asociada al halo externo del pórfido Esperanza. La Falla Esperanza puede ser reconocida por más de 500 m a lo largo de la pared del banco y está formada por planos de fallas de rumbo general NNE y manteo fuerte al este, con estrías subverticales y abundante salvanda roja a pardo amarillenta de hasta 1 m de espesor. Los planos de fallas fueron medidos y representados en una red de Schmidt, hemisferio inferior (Fig. 3), donde se observa que estas pueden ser compatibles con una compresión NW-SE.

A lo largo de la traza de esta falla, se observan pequeñas subverticales EW con estrías subhorizontales, de menor expresión, que la cortan y que se interpretan como fallas de transferencia y acomodo local.

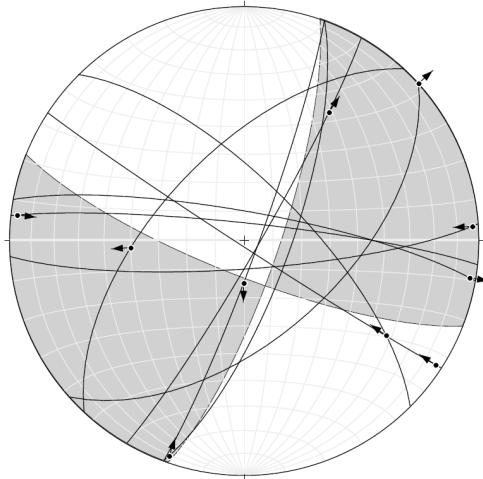


**Figura 2.** Estereograma con 10 medidas de estrías y planos de falla a lo largo de la traza de la Falla Esperanza, indicando interpretación cinemática mediante método de diedros rectos (programa Faultkin, Allmendinger, 2011).

A partir de información de sondajes, donde se reconoció el contacto entre las rocas volcánicas cretácicas y las sedimentitas jurásicas tanto en el bloque colgante como en el yacente, en la zona de la mina se pudo estimar que la falla presenta una separación vertical de ~300 m. Hacia el norte la falla está sellada por depósitos de gravas y de probable edad miocena inferior a media. Hacia el sur del rajo la traza de la Falla Esperanza puede ser reconocida por varios kilómetros (Fig. 1), y pone en contacto distintos niveles volcánicos de la Formación Quebrada Mala.

Al oeste de la Falla Esperanza, se reconocen numerosas fallas inversas, menores, subparalelas a la traza principal, que afectan a tobas andesíticas y presenta desplazamientos aparentes de algunas decenas de metros. Este sistema de fallas menores son cortadas por un de fallas de rumbo, que se pueden observar en la zona de la mina El Tesoro, que según Tomlinson y Blanco (2000) y Veliz (2010) habrían estado activas, activas durante el Oligoceno Mioceno. Observaciones realizadas por los autores en el pit de la mina El Tesoro y Tesoro NE, a lo largo de la Falla

El Tesoro, permitieron medir algunos planos de fallas (Fig.4), donde se observa que estas fallas son compatibles con compresión orientada NNW-SSE. Estas fallas están selladas por un depósito de tobas datados en 10 Ma.



**Figura 3.** 10 medidas de fallas y estrías a lo largo de la zona de Falla El Tesoro, indicando interpretación cinemática mediante método de diedros rectos (programa Faultkin, Allmendinger, 2011).

#### 4 Discusión

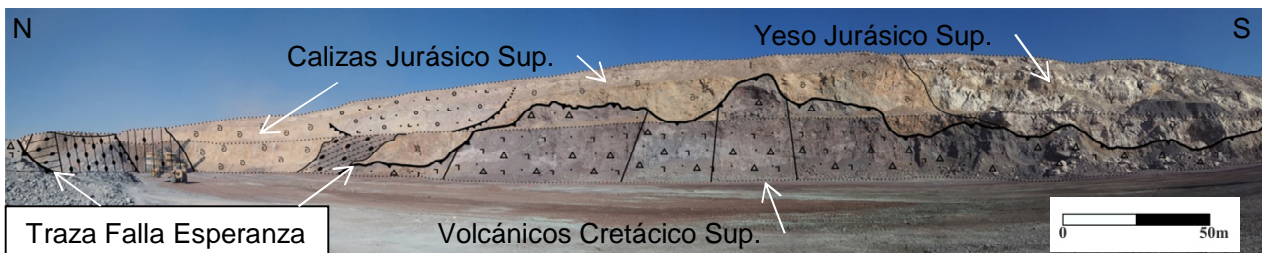
El evento de deformación más antiguo reconocido en el Bloque Esperanza corresponde al indicado por la discordancia angular existente entre las rocas del Jurásico Superior y Cretácico Superior. Sin embargo el evento más importante corresponde a la deformación compresiva/traspresiva (?) ocurrida con posterioridad a los 41-40 Ma cuando los pórfidos mineralizados fueron transportados a lo largo de la falla Telegrafo sobre rocas sedimentarias y volcánicas de edad equivalente. La edad mínima de esta deformación es difícil de establecer ya que las relaciones estratigráficas (en el Bloque Esperanza) sólo permiten indicar que esta es anterior a la acumulación de las gravas del Mioceno. Los indicadores cinemáticos obtenidos en la falla Esperanza son compatibles con la hipótesis de que ambas pueden haber estado activas en forma sincrónica durante el Eoceno superior-Oligoceno?. Las observaciones efectuadas en la zona de El Tesoro, son compatibles con la existencia de movimientos sinistresales normales aún más tardíos.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a los colegas de las mineras El Tesoro y Esperanza, Departamento de Geología de la UCN y a la Sección de Paleontología de SNGM.

#### Referencias

- Bisso, C.; Lazcano, E.; Guzmán, J.; González, S. 2009. Geología y Desarrollo del Yacimiento Esperanza, Distrito Sierra Gorda, Antofagasta. In Congreso Geológico Chileno No. 12, Actas 4: S11\_029. Santiago.
- Perelló, J.; Brockway, H.; Martini, R.; Candia, W. 2003, Exploración Llano y Paleocanal: Campaña 2003, Antofagasta Minerales, Informe interno, 11 p. Santiago.
- Perelló, J.; Brockway, H.; Martini, R. 2004, Discovery and Geology of the Esperanza Porphyry Copper-Gold Deposit, Antofagasta Region, Northern Chile: Society of Economic Geologists, Special Publication 11, p-167.
- Marinovic, N.; García, M. 1999. Hoja Pampa Unión, Región de Antofagasta. Escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos, 9. Santiago.
- Mpodozis, C.; Marinovic, N.; Smoje, I.; Cuitiño, L. 1993. Estudio Geológico-Estructural de la Cordillera de Domeyko entre Sierra Limón Verde y Sierra Mariposas, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería Informe Registrado, IR-93-04, 281 p. Santiago.
- Mpodozis, C.; Cembrano, J.; Mora, R. 2009. Deformación compresiva-oblicua polifásica y pórfidos cupríferos eocenos en el Sistema de Fallas de Domeyko: la región de Esperanza Caracoles (Distrito Centinela). In XII Congreso Geológico Chileno No.12, Actas 4; S11\_062. Santiago.
- Münchmeyer, C.; Valenzuela, D. 2009. Telégrafo: Un Pórfido de Cu-Au-Mo en Etapa de Exploración Avanzada, Distrito Sierra Gorda. In Congreso Geológico Chileno No. 12, Actas 4: S11\_001. Santiago.
- Tomlinson, A.; Blanco, N. 2000. Estudio Geológico Estructural del Distrito El Tesoro. Informe inédito, Minera El Tesoro. 66 p.
- Véliz, H. 2010. Validación y Actualización de las Estructuras Mayores y Menores, Rajos Tesoro Central y Tesoro Noreste. Informe inédito, Minera El Tesoro. 53 p.



**Figura 2.** Vista al este del rajo de la Mina Esperanza, mostrando la traza de la Falla Esperanza.