

# Geología y estructura del Distrito El Espino: “Inversión tectónica positiva” de una cuenca Cretácica y su posible relación con un prospecto IOCG, Provincia del Choapa, Chile

Irene del Real<sup>\*</sup>, César Arriagada y Fernando Martínez

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile

\* email: [idelreal@gmail.com](mailto:idelreal@gmail.com)

**Resumen.** El distrito El Espino es caracterizado por una sucesión marina (Miembro El Espino) que es parte de las cuencas extensionales formadas entre el Jurásico Superior-Cretácico Inferior y cuenta con un prospecto IOCG homónimo al distrito. En el presente estudio se caracterizó y analizó la geología, estructura y origen de la sucesión marina, y las relaciones genéticas que permitieron la mineralización del prospecto El Espino. El modelo planteado muestra que la acumulación de la sucesión marina se asocia a una cuenca extensional de geometría hemigraben, con fallas principales de orientación NNW y sistemas secundarios de orientación NE. Entre el Cretácico Superior-Paleógeno, esta cuenca fue parcialmente invertida, encontrándose estructuras clásicas de inversión tectónica en la zona. Se concluye que la mineralización del distrito fue facilitada por una serie de fallas “en echelón” de orientación NE y posiblemente relacionada a la inversión de dichas fallas.

**Palabras Claves:** cuenca cretácica, inversión tectónica, IOCG

## 1 Introducción

El Cretácico Inferior en Chile central está caracterizado por el desarrollo de una sistema extensional con magmatismo asociado (Ramos, 2009; Morata, 2003). Este evento se evidencia a través de elongadas franjas de secuencias estratificadas N-S, que afloran a lo largo del área de Illapel, en el distrito El Espino, donde además se encuentra un prospecto IOCG homónimo al distrito (Sillitoe, 2003; Correa, 2003).

Antecedentes de la zona (López, 2006; Marquardt et al., 2009), proponen que las rocas del Cretácico Inferior en la región están controladas por un sistema de fallas de rumbo de primer orden de orientación NS sinistral, y que la mineralización en esta, sería syntectónica con una deformación transtensiva ocurrida a mediados del Cretácico. A pesar de este conocimiento, no existen modelos tectónicos para la región, que relacionen la deformación andina y la disposición de las unidades estratigráficas geológicas a lo largo de la región, con los arreglos estructurales derivados de su historia tectónica extensional mesozoica.

En este sentido, esta contribución presenta un nuevo estudio regional y estructural del distrito El Espino, destinado a caracterizar sus principales estilos estructurales y su posible relación tanto con la mineralización encontrada en el mismo, así como con los sistemas extensionales previamente desarrollados en esta provincia.

## 2 Estratigrafía y Estructura

A lo largo del distrito El Espino, se reconoce el siguiente registro estratigráfico, conformado desde base hasta el tope por: a) una serie volcánica de 3000 m de espesor correspondiente a la Formación Arqueros (Aguirre y Egert, 1962; 1965), b) Depósitos sedimentarios representados por los miembros de la Formación Quebrada Marquesa (Aguirre y Egert, 1962), que incluyen, una sucesión marina o “Miembro El Espino” y una sucesión volcano sedimentario o “Miembro Quelén” (Fig.1). El Miembro El Espino, está limitado al oeste a través de un contacto concordante con la Formación Arqueros, mientras que hacia el este el límite es a través de una falla normal de alto ángulo de rumbo NS-NNO inclinada hacia el oeste “Falla El Espino” (Fig. 2).

Al oeste de la Falla El Espino, se observa nuevamente a su miembro homónimo, limitando con la Formación Arqueros a través de una falla normal de alto ángulo de rumbo similar a esta estructura “Falla la Yesera”, donde adicionalmente se identifica sobre su bloque bajo plegamientos asimétricos menores de la sucesión marina, conformando leves estructuras de inversión vergentes al este, asociado con la reactivación parcial de la Falla La Yesera, (Fig. 2).

En el sector norte del área de estudio, un set de estructuras secundarias, representadas por una serie de fallas normales y fallas levemente invertidas dispuestas en echelón, actúan como fallas de acomodación para las dos “fallas” de primer orden. Geométricamente, estas estructuras guardan una orientación NE con manteos al SSE, y a su vez tienden a localizar la mineralización tipo IOCG del prospecto “El Espino”.

Dentro de la sucesión marina del Miembro El Espino, en una escala menor, es posible identificar pliegues anticlinales (interpretados como estructuras tipo “arpón”), pliegues sinclinales, y fallas normales, inversas e invertidas de escala métrica que evidenciarían la inversión parcial de hemigraben.

Tanto la Fm. Arqueros como la Fm. Quebrada Marquesa (ambos miembros) están intruídos por dos series de cuerpos magmáticos que corresponderían a: a) la Súper Unidad Illapel (miembro Chalinga), donde se distinguen 3 litologías principales que varían de una composición diorítica, monzodiorítica y granodiorítica, b) Unidad San Lorenzo, al noreste del área de estudio, donde se distingue una litología principalmente diorítica con algunos cambios de textura hacia los extremos. La edad de estas unidades variarían entre el Cretácico Superior hasta posiblemente el Paleógeno y su emplazamiento pareciera estar relacionada con las estructuras de la zona.

### 3 Modelo Estructural y Discusiones

Se interpretan las Fallas El Espino y La Yesera (Fig. 1), como fallas lístricas de orientación NNO que controlarían la deposición del Miembro El Espino en una cuenca extensional con geometría de hemigraben. Siguiendo el modelo cinemático propuesto por Imber (2003), La falla La Yesera sería el antiguo borde de cuenca y la Falla El Espino sería el actual. Esta cuenca presenta estilos estructurales clásicos de inversión tectónica, como fallas normales reactivadas a inversas (Fig. 2) y formación de sistemas compresivos durante la inversión. Siendo entonces una cuenca del tipo hemigraben parcialmente invertida (Cooper, 1989; Bally, 1984).

La sucesión marina correspondiente al Miembro El Espino podría corresponder a la franja de cuencas extensivas del Cretácico Inferior, correlacionándose con el Grupo Chañarillo hacia el norte, y con la Cuenca Lo Prado hacia el Sur. Entre el Cretácico Superior-Paleógeno esta cuenca habría sido parcialmente invertida.

Aunque los modelos clásicos de formación de yacimientos IOCG apuntan a regímenes extensionales o de transtensión, una hipótesis a estudiar sería que el prospecto “El Espino” podría haberse formado durante la inversión de un hemigraben de edad Cretácico Inferior. Las fallas secundarias entre las que se encuentra el prospecto habrían acomodado la deformación compresiva, formando un mayor fracturamiento en la roca, facilitando la circulación de fluidos mineralizadores. Además el prospecto “El Espino” se encuentra en la zona con más estructuras compresivas relacionadas a la inversión parcial de la cuenca.

Hoy en día se reconoce que la inversión de fallas normales pre-existentes juega un rol importante en la formación de trampas para hidrocarburos y mineralización. Esto, debido

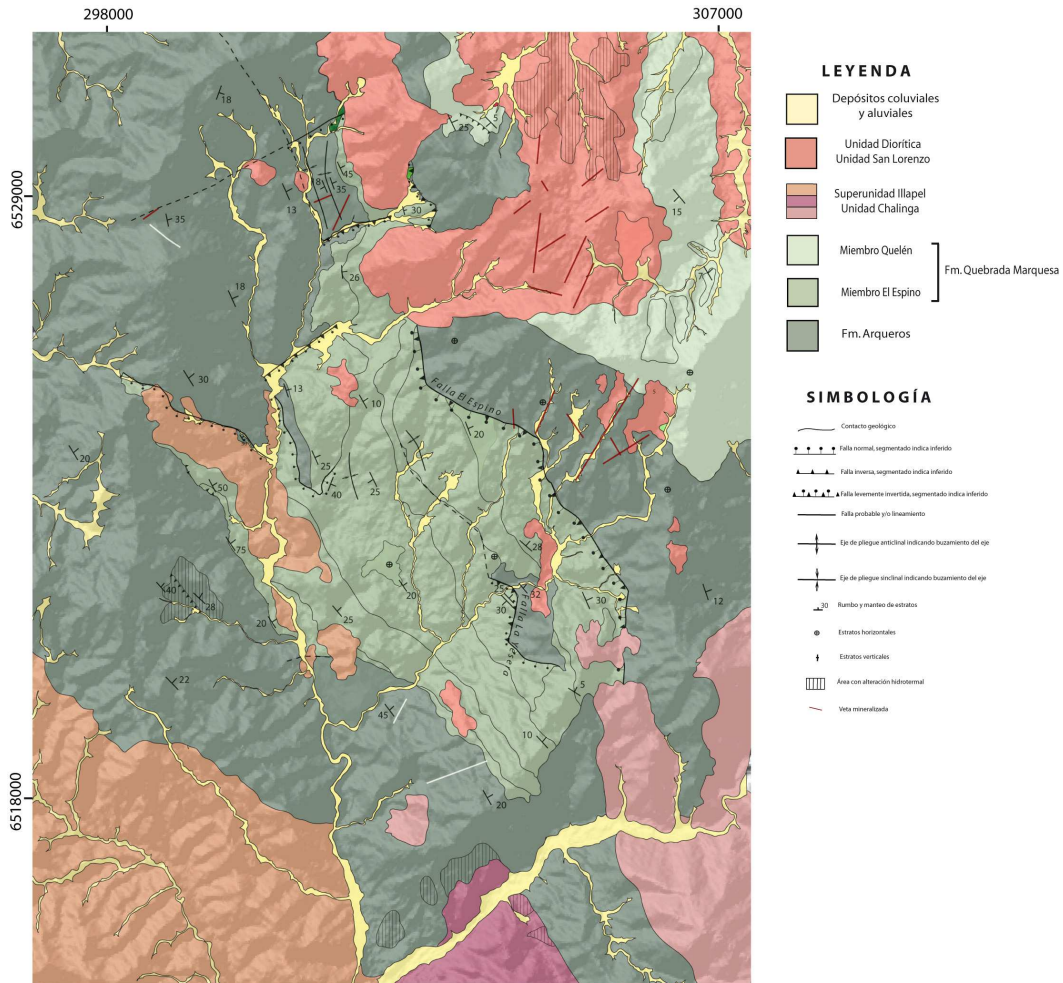
a que la inversión de estas estructuras produce una superposición de estilos estructurales y geometrías, formando una arquitectura compleja que facilitarían la circulación de fluidos y el ascenso de magmas (McClay, 2004), como se vería representado en la zona de estudio.

### Agradecimientos

Este estudio fue iniciativa de Cartográfica Limitada y contó con el financiamiento de la empresa minera Pucobre dentro del proyecto minero “El Espino”.

### Referencias

- Aguirre, L. Y Egert, E. 1962. Las formaciones manganíferas de la región Quebrada Marquesa, Provincia de Coquimbo. *Revista Minerale*, No. 76, p. 25-37. Santiago.
- Aguirre, L. Y Egert, E., 1965, Cuadrángulo Quebrada Marquesa provincia de Coquimbo, Carta Geológica de Chile, vol. 15, Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago, 92 pp
- Bally, A.W. 1984. Tectogenése et sismique réflexion, B. Soc Géol. Fr. 26, pp. 279-285
- Correa, A. 2003. El Espino, un Nuevo depósito del tipo Fe-Cu (Au) en Chile. Comuna de Illapel, Región de Coquimbo. Tesis de Magister (Unpublished), Univerisdad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.
- Cooper, M.A. and Williams, G.D., 1989, Inversion Tectonics, *Geological Society of London*, Spec. Publ., 44.
- Imber, J., Childs, C., Nell, P.A.R., Walsh, J.J., Hodggetts, D., Flint, S., 2003. Hanging wall fault kinematics and footwall collapse in listric growth fault systems. *Journal of Structural Geology* 25, pp. 197-208.
- López, G.P., Van Treek, G., Transviany, V., Richar, M., Nelson, E. 2005. Calcil alteration related to iron oxide-copper-gold (IOCG) mineralization. El Espino prospect, central Chile: Window to the World, Program with Abstracts, *Geological Society of Nevada Symposium 2005*, Reno/Sparks, Nevada, May 2005, p. 62.
- Marquardt, M., Cembrano, J., Siña, A. and Garrido, I. 2009, IOCG-type deposits in north-central Chile: A case study and implications for exploration, *XII congreso Geológico Chileno*, Santiago, 22-26 Noviembre
- McClay, K. 2004. Structural models in the oil: thje future for mineral exploration?, SEG 2004, Predictive Mineral Discovery Under Cover.
- Morata, D., Aguirre, L. 2003. Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'-30°S), Chile: geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol 16, 459-476.
- Ramos, V.A. 2009. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle, *The geological Society of America*, Memoir 204.
- Sillitoe, H. 2003. Iron oxide-copper-gold deposits:and Andean view, *Mineralium Deposita*, 38:787-812.



**Figura 1.** Mapa geológico del Distrito “El Espino”, mostrando la geología y los rasgos estructurales mas importantes



**Figura 2.** Panorámica sur de la Cuenca “El Espino”, se observa la Falla El Espino; se dispone como el borde de la Cuenca en el contacto por falla entre el Miembro El Espino y la Formación Arqueros, Hacia el oeste se observa la Falla La Yesera poniendo en contacto por falla a la Formación Arqueros con el Miembro el Espino. Un zoom a ese contacto se observan los estratos del Miembro El Espino plegados contra la falla y sobre esta se disponen formando un onlap.