



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



S11_046

Relación espacial, temporal y genética entre formas de relieve y paleosuelos del Cenozoico Superior y depósitos de Cu supérgeno en el Distrito Minero de Chuquicamata

Tapia, M.¹, Riquelme, R.¹, García, M.², Baeza, L.², Campos, E.¹

(1) Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencia Geológicas, Universidad Católica del Norte, Avenida Angamos 0610, Antofagasta, Chile.

(2) Exploraciones Mineras Andinas S.A. filial de Codelco-Chile, Av. Nueva Oriente 2696, Villa Exótica, Calama.

mtv003@ucn.cl

Introducción

El Distrito Minero de Chuquicamata expone una sucesión de eventos agradacionales y degradacionales del relieve controlados por factores tectónicos y climáticos. A los primeros, se asocia la depositación de gravas (e.g. Mina Sur y Cluster Toki), mientras que a los segundos, la exposición de los pórfidos. El paso de un clima árido a hiperárido durante el Mioceno [1];[2] ha permitido el desarrollo y conservación de las zonas de enriquecimiento de Cu supérgeno (desarrolladas con tasas de precipitación >100 mm/año [3]) y de superficies de pedimentación (desarrolladas en climas áridos y húmedos [4]) y, además, de distintos niveles de paleosuelos [2], [5], [6].

Relictos de antiguas pediplanicies y su relación con los paleosuelos

En el área de estudio se identificaron cuatro relictos de pediplanicies expuestas en forma escalonada (Figs. 1 y 2). Desde la más nueva a la más antigua son:

Superficie Toki (entre 2.400 y 2.300 m s.n.m): En el sector del Cluster Toki esta superficie se encuentra desplazada por fallas norte-sur, con desplazamientos de hasta 20 m en la vertical. Sobre ella se observa un suelo de 4 m espesor, con fracturas en forma de V de 10 a 15 cm de ancho, 3 m de longitud y 1 m de frecuencia, selladas parcialmente con material fino y una concentración de sales solubles (sulfatos, cloruros y nitratos) en todo el perfil del suelo (Fig. 3). Este suelo es sobreyacido por las calizas de la Formación Opache (Mioceno Superior-Plioceno Superior bajo [7]) y es subyacido por la Ignimbrita Artola ($10,0 \pm 0,4$ Ma [8]). Según estas características, este suelo sería equivalente al descrito por Rech [2] como Gypsisol.



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

Superficie Chuqui (~3.050 m s.n.m): Sobre esta superficie se observa un suelo de sulfato que se caracteriza por tener un espesor de 6 m y fracturas en forma de V de 20 cm de espesor, 5 m de longitud y 1 m de frecuencia, selladas totalmente con material fino y sulfato. Este suelo se caracteriza físicamente, por un avanzado grado de cristalinidad del yeso en la parte media e inferior del suelo (mayor que los suelos actuales) y un espesor considerable; y químicamente, por una mayor concentración de sales solubles en la parte superior del perfil del suelo (Fig. 3). Esto indica que este suelo es más antiguo que el suelo desarrollado sobre la Superficie Toki, por lo cual su edad mínima sería de 10 Ma.

Superficie Esperanza (~3.150 m s.n.m): Tiene incisiones que drenan al norte con una pendiente de 5° como máximo y hacia el sur con una pendiente de aproximadamente 40°, constituyendo el nivel más alto, una divisoria de agua. Sobre esta superficie se observa un suelo del tipo Calcisol [9],[2], que se caracteriza por presentar cemento de carbonato y un espesor promedio de 1 m, además de fracturas en forma de V con un espesor de 10 cm y 50 cm de largo totalmente selladas con material fino. Si bien algunas de sus características físicas no indican un gran desarrollo, sus características químicas (Fig. 3), con una alta concentración de sales solubles en todo el perfil del suelo, indican un mayor tiempo de desarrollo que los suelos mencionados anteriormente.

Superficie Antenas (~3.300 m s.n.m): Esta superficie corona una serranía de elongación norte-sur desde el oeste de los botaderos de la mina RT hasta el Cerro Negro (Fig. 1).

Cronología relativa de la evolución geomorfológica y su relación con el enriquecimiento de Cu supérgeno.

Estadio 1 (Post 25 Ma - 19 Ma): Desarrollo de la Superficie Esperanza y primer enriquecimiento de Cu supérgeno en Chuquicamata y RT. La edad relativa de este estadio está dada porque la superficie Esperanza no se encuentra desplazada por los principales movimientos de la Falla Oeste, desarrollados hasta los 25 Ma [10] (Fig.2) y por el inicio del enriquecimiento (~20 Ma [6]). Durante el desarrollo de esta superficie predominaron las condiciones áridas, con una alta tasa de evaporación (facies de playa aluvial evaporítica, Formación El Yeso, Mioceno Inferior [11]) y estabilidad tectónica, lo que permitieron el desarrollo del Calcisol.

Estadio 2 (~ 19-16 Ma): Desarrollo de la Superficie Chuqui y segundo enriquecimiento de Cu supérgeno en Chuquicamata, producto de un cambio en el nivel de base que indujo una incisión de la Superficie Esperanza de cerca de 100 m. Esta superficie presenta un mayor grado de desarrollo que las superficies más antiguas, ya que en las etapas finales de su desarrollo es cubierta en *onlap* por los depósitos sedimentarios asociados a su erosión (Gravas Antiguas [11]). Este estadio finaliza con el alzamiento e incisión de la superficie Chuqui.



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

Estadio 3 (~16-13 Ma): Desarrollo de la Superficie Toki. Las anchas incisiones NW-SE (Mina Sur), desarrolladas durante el alzamiento de la superficie Chuqui, capturan a las incisiones NS y comienza la erosión canalizada de la superficie Chuqui (Extensión norte de Mina Sur y paleocanal en RT). Durante el desarrollo de este estadio predominaron las condiciones áridas, con depósitos fluviales que gradan a depósitos aluviales (Parte media e inferior de Formación Jalquinche y Miembro Lloradero de la Formación Lasana [11]). Este estadio finaliza con el desarrollo de un suelo salino del tipo Gypsisol, indicando un cambio en las condiciones ambientales hacia un ambiente hiperárido (precipitaciones < 20 mm/año [2]).

Conclusión

El estudio de peniplanicies y de paleosuelos, junto a un análisis de la estratigrafía local y regional en el Distrito de Chuquicamata, permiten una reconstrucción de la evolución geomorfológica y de las condiciones paleoclimáticas que gobernaron esta área durante el enriquecimiento de Cu supérgeno. Es así como se puede establecer que las peniplanicies se desarrollaron contemporáneas a los diferentes estadios de enriquecimiento de Cu supérgeno en el Distrito (a lo menos tres) y que el cambio de clima árido a hiperárido comenzó cerca de los 13 Ma.

Referencias

- [1] Hartley, A., 2003. Andean uplift and climate change. *Journal of the Geological Society*, vol. 160, 7- 10.
- [2] Rech, J. A., Currie, B. S., Michalski, G., y A. Cowan M., 2006. Neogene climate change and uplift in the Atacama Desert, Chile. *Geology*, vol. 34, 761-764.
- [3] Clark, A.H., Tosdal, R.M., Farrar, E., and Plazolles, V.A., 1990. Geomorphologic environment and age of supergene enrichment of the Cuajone, Quellaveco, and Toquepala porphyry copper deposits, southern Peru. *Economic Geology*, vol. 85, 1604–1628.
- [4] Strudley, M.W. y Murray, B., 2007. Sensitivity analysis of pediment development through numerical simulation and selected geospatial query. *Geomorphology*, vol. 88, 329-351.
- [5] Alpers, C., y Brimhall, G., 1988. Middle Miocene climatic change in the Atacama Desert, northern Chile: Evidence from supergene mineralization at La Escondida. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 100, 1640–1656.
- [6] Sillitoe, R., y McKee, E., 1996. Age of supergene oxidation and enrichment in the Chilean porphyry copper province. *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, vol. 91, 164–179.
- [7] May, G. 1997. Oligocene to Recent evolution of the Calama Basin, northern Chile. *PhD Thesis. University of Aberdeen*. 274 pp. UK.
- [8] Rutland, R., Guest, J., Grasty, R. 1965. Isotopic age and Andean uplift. *Nature*, No.208, 677-678.



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

[9] Mack, G., James, W., y Monger, H., 1993. Classification of paleosols. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 105, 129–136.

[10] Tomlinson, A., Blanco, N. 1997b. Structural evolution and displacement history of the West Fault system, Precordillera, Chile: Part 2, postmineral history. *Congreso Geológico Chileno*, N°8. 1997. Antofagasta. Chile, vol. 3, 1878-1882.

[11] Tomlinson A. y Blanco N., 2007. Geología de la franja el Abra-Chuquicamata, II Región (21°45'-22°30'S). *Servicio Nacional de Geología y Minería*. Informe registrado en prensa IR-07-#. 194 p.

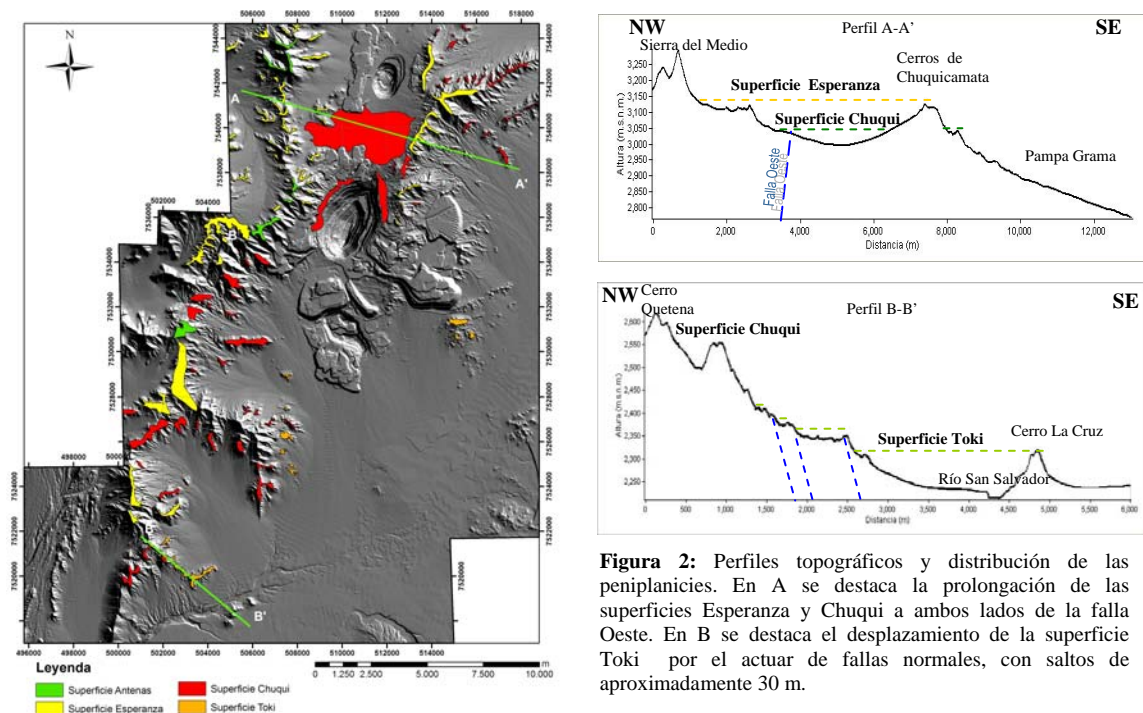


Figura 1: Modelo de Elevación Digital mostrando la distribución de las superficies en el área de estudio.

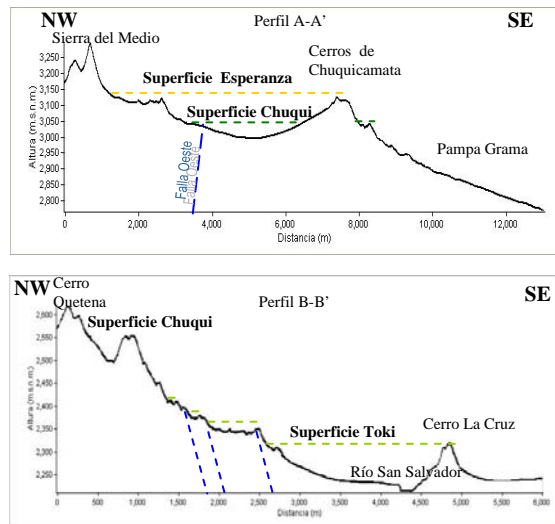


Figura 2: Perfiles topográficos y distribución de las neiplanicies. En A se destaca la prolongación de las superficies Esperanza y Chuqui a ambos lados de la falla Oeste. En B se destaca el desplazamiento de la superficie Toki por el actuar de fallas normales, con saltos de aproximadamente 30 m.

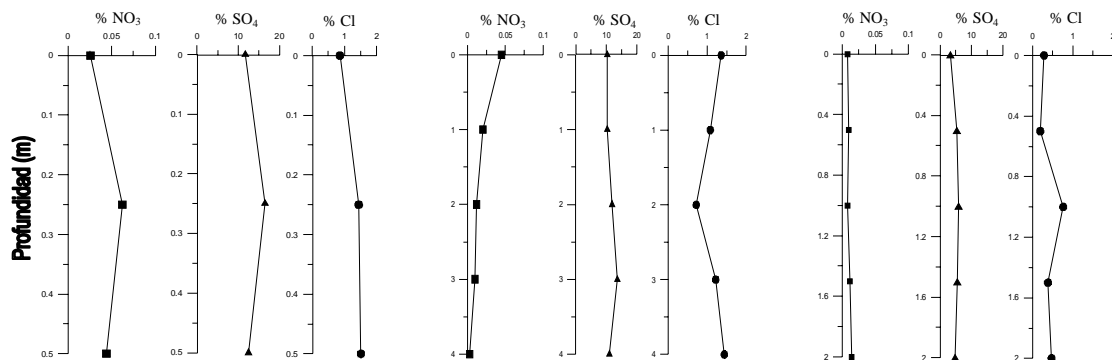


Figura 3: Distribución de las sales solubles en los suelos. En A se observa el suelo más antiguo con una mayor cantidad de estas sales (Calcisol), en B el Gypsisol más antiguo y en C el Gypsisol desarrollado entre los 10 y los 6 Ma.