



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



S10_007

Destechado del cuerpo mineralizado del “Distrito Nevados del Famatina”, Argentina, y su impacto natural en la red de drenaje a partir del estudio mineralógico y geoquímico de depósitos de un paleolago cuaternario

Maza, S.¹, Astini, R.¹, Collo, G.¹, Nieto, F.²

(1) Laboratorio de Análisis de Cuencas – CICTERRA-UNC. Av. Vélez Sársfield 1611, Córdoba, Argentina.

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, Av. Fuentenueva S/N, Granada, España.

santiagomaz@gmail.com

Introducción

En el sector central del Cinturón de Famatina, antepaís fragmentado de las Sierras Pampeanas (Argentina), se encuentran depósitos aterrizados de un paleolago (Fig. 1A y B) asociados a avalanchas de rocas que endicaron el curso medio del río Amarillo. Este río drena una importante aureola de alteración epidermal de alta sulfuración desarrollada sobre pórfidos de Cu y Mo del distrito Nevados de Famatina [1]. Los depósitos pertenecen a los “endicamientos fósiles naturales” que son frecuentes en el noroeste argentino [2] y se infiere para ellos una edad holocena dada su disposición horizontal y la ausencia de basculamiento tectónico, en una región con importante alzamiento cenozoico. Se trata de 44 metros de una sucesión rítmica compuesta de ocre arcillosos, limolitas, areniscas y conglomerados (Formación Corral Amarillo). Aunque estos depósitos han sido objeto de explotaciones artesanales desde el siglo pasado (como pigmentos naturales) y forman parte de una cuenca cuyas aguas se utilizan para consumo humano y regadío, no se llevaron a cabo estudios de detalle que permitan comprender la evolución del sistema de drenaje ácido asociado al destechado natural de la zona de alteración, que habría tenido lugar previamente a los laboreos mineros.

En este trabajo, los depósitos distales del paleolago, se caracterizan mineralógicamente y geoquímicamente mediante análisis de DRX y FRX y se comparan con los asociados al sistema de drenaje ácido que actualmente tiene lugar en la cuenca del río Amarillo.

En la sucesión lacustre se redefinen tres facies principales dentro de la asociación distal (Fig. 1C): 1) Facies de ocre bandeados (colores naranja a marrones), cuyo alto contenido de óxidos de hierro le otorga su propiedad de constituir buenos pigmentos



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

naturales, 2) Facies de ocre-limo-arcillosos (color amarillo), compuesta por capas amarillas tabulares de entre 3 y 8cm de espesor con contactos netos y marcada continuidad lateral, gradación normal o aspecto macizo. 3) Facies areno-limosa (color gris), formada por capas tabulares de entre 5 y 30 cm de espesor, de color gris con una marcada continuidad lateral y frecuente desarrollo de gradación normal. En las zonas próximas se desarrollan clinofomas gravosas que permiten interpretar etapas de progradación deltaica (deltas de tipo Gilbert).

Caracterización mineralógica

La mineralogía de las facies definidas se estableció en roca total y en la fracción $<2\mu\text{m}$. Los niveles de color más oscuro dentro de la facies de ocre bandeados están compuestos por goetita, con proporciones menores de cuarzo. En las facies de ocre limo-arcillosos y areno-limosa, resulta diagnóstica la aparición de sulfatos. En la primera predominan jarosita y goetita, con fases de silicatos en menor proporción. En la segunda, predominan cuarzo y jarosita en proporciones similares, con muscovita, biotita y feldespatos en cantidades menores. También se identificaron como componentes subordinados clorita, kaolinita, esmectita y goetita. La mineralogía de la fracción tamaño arcilla es consistente con la composición de la roca total, con proporciones variables de hidróxidos e hidrosulfatos de hierro en la facies 1 y 2, y predominio de arcillas como esmectitas y kaolinitas en la facies 3. Análisis químicos preliminares realizados mediante microscopía electrónica de transmisión, indican que las esmectitas son predominantemente nontronitas en los niveles ocre y beidellitas y montmorillonitas en los niveles más claros. A partir de sus relaciones texturales las primeras se interpretan como fases autigénicas asociadas a los agregados de hierro, mientras que para el resto es probable un origen detrítico.

Caracterización geoquímica

La facies 1 presenta contenidos de Fe_2O_3 de 56,3%, la facies 2 entre ~15,9 y 41,5% y en la facies 3 los contenidos varían entre ~4,6 y 15,3%. Para todas las facies las concentraciones de SO_3 son similares, con valores medios entre 2,5 y 4,9%. Estas concentraciones son extremadamente bajas en relación con el contenido Fe_2O_3 , considerando que ambos compuestos habrían sido derivados principalmente de la oxidación de la pirita en la zona de alteración. Sólo dos de las muestras de los ocre limo-arcillosos, compuestas casi exclusivamente por jarosita, presentan concentraciones de SO_3 mayores (~17%). Otros elementos mayoritarios como el SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O y CaO presentan una clara relación inversa respecto del Fe_2O_3 , siendo mucho más abundantes en la facies 3, con concentraciones medias de 50, 19, 5, 2, 2 y 0,5%, respectivamente. Esto resulta consistente con la mineralogía determinada mediante DRX que indica para esta misma facies predominio de minerales aluminosilicáticos detríticos. Algunos elementos traza como el Mn, Ba, Zr, Rb, Cr, Y y Sr también presentan una relación inversa respecto del Fe_2O_3 . Elementos como el Ga y el Nb aparecen sólo en la



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

facies 3 (concentraciones medias de 26 y 16 ppm, respectivamente). En general las concentraciones de As, Mo, Cu, Zn, Pb y Co son anómalas respecto de la corteza [3] (valores máximos de 375, 116, 2759, 2465, 229, 109, ppm, respectivamente). El As y Mo no fueron detectados en la facies 3 y sólo el Co y Mo muestran una relación directa con los contenidos de Fe_2O_3 .

Discusión

Las elevadas concentraciones de hierro y otros metales en la facies de ocre bandeados, permiten asociarla con el aporte del sistema de drenaje ácido del paleo-río Amarillo durante etapas de bajo caudal (estación seca). Por su parte, la facies de ocre limo-arcillosos y la facies areno-limosa, con menores concentraciones de hierro y mayores proporciones de fases detríticas, se vincularían con el aporte durante etapas de alto caudal (estación húmeda) y eventos de crecidas del paleo-río, respectivamente. La distribución mineralógica en los niveles lacustres también podría asociarse a variaciones estacionales en las condiciones químicas del sistema. La distribución de las fases sulfatadas en el lecho del río actual está directamente relacionada con el pH y la concentración SO_4^{2-} de las aguas del río Amarillo en cada tramo, dominando la jarosita en la cuenca alta, con pH ~ 3 y concentraciones de $\text{SO}_4^{2-} > 3000$ ppm, mientras que en el tramo medio, con pH $\sim 3,5$ y concentraciones de SO_4^{2-} 3000-1000 ppm domina la schwertmanita, mineral que es actualmente cosechado en grandes piletones. Condiciones extremadamente ácidas en estos tipos de sistemas [4] inhibirían la precipitación de óxidos/hidróxidos de hierro, como hematita, goetita y lepidocrosita.

La presencia de jarosita en algunos niveles del paleolago indicaría que las condiciones químicas (pH y $[\text{SO}_4^{2-}]$) habrían sido similares a las que actualmente tienen lugar en la cabecera del río Amarillo. Estas condiciones ácidas probablemente estén asociadas a la estación húmeda en la que habría una mayor capacidad de aporte de SO_4^{2-} y metales. La ausencia de schwermanita en la sucesión podría deberse a su rápida transformación (*ageing*) en goetita [5] con posterioridad a su precipitación; proceso que también explica las bajas relaciones de azufre/hierro en la sucesión. Esto ocurre predominantemente en la facies 1, asociada a la estación seca. Los valores anómalos de As, Mo, Cu, Zn y Pb pueden vincularse a procesos de adsorción y/o co-precipitación relacionados con la formación de schwertmanita y jarosita, preservándose las concentraciones incluso luego de su paso a fases más estables.

Si bien estos ambientes han sido ampliamente identificados como producto de la interacción entre escombreras con gran cantidad de sulfuros y aguas meteóricas e interpretados como procesos contaminantes genéticamente vinculados con la actividad minera, las similitudes mineralógicas y geoquímicas existentes entre los ocre del paleolago y los ocre actuales del río Amarillo permiten inferir un comportamiento similar del sistema de drenaje ácido del distrito Nevados de Famatina desde al menos el Holoceno hasta la actualidad. Este estudio sugiere que no habrían existido cambios drásticos atribuibles a las labores de explotación realizadas a principio de siglo pasado. Es importante remarcar además, la importancia de minerales como la jarosita y



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

schwertmanita que actuarían como agente depurador de las aguas por la adsorción y/o co-precipitación de elementos traza como Cu, Mo, Ni, Zn y As.

Referencias

- [1] Losada-Calderon, A., M°Phail, D. (1994) The Nevados de Famatina mining district: Porphyry- and epithermal-style mineralization, La Rioja Prov., Argentina. *7° Congreso Geológico Chileno 1994*. Actas volumen II: p. 1585-1589.
- [2] Hermanns, R. L., Folguera, A., González Díaz, F. E., Fauque, L. (2006) Landslide dams in the central, Andes of Argentina - showing the need of revising the established landslide dam classification. *Italian Journal of Eng. Geol. and Environment*. Special Issue 1, 55-60.
- [3] McLennan, S.M., (2001) Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, vol. 2, paper number 2000GC000109.
- [4] Cornell R.M., Schwertmann, U. (1996) *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrence and Uses*. VCH, Weinheim and New York, 573 pp.
- [5] Acero, P., Ayora, C., Torrento, C., Nieto, J.M. (2006) The behavior of trace elements during schwertmannite precipitation and subsequent transformation into goethite and jarosite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 70, 4130–4139.

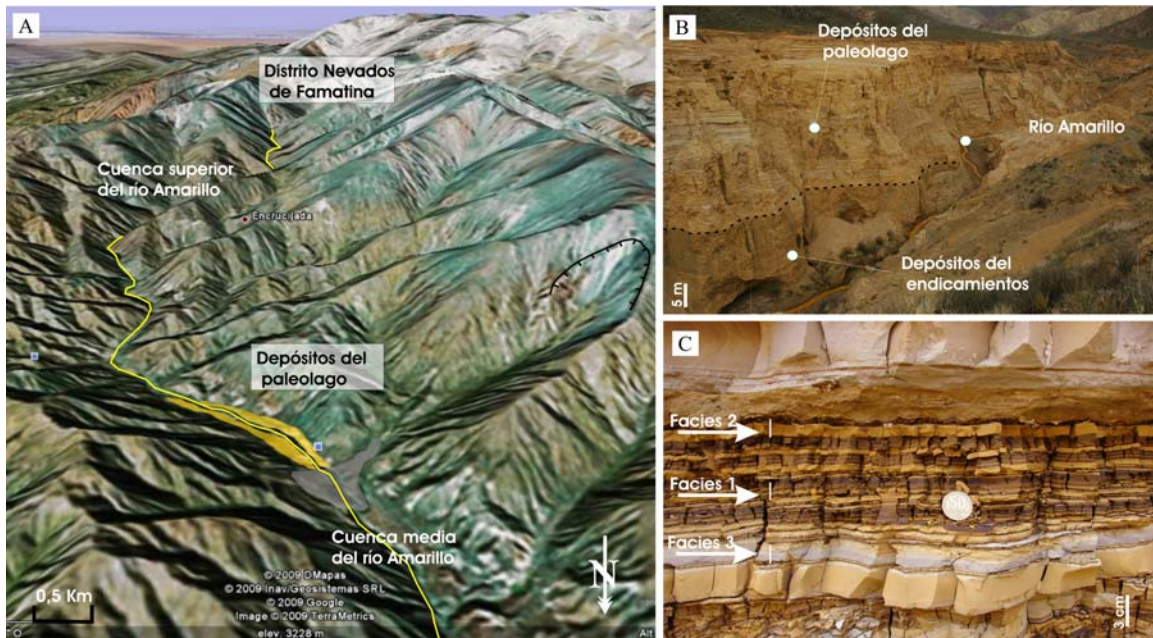


Fig. 1: A: Imagen satelital sobre la que se señalan los depósitos del paleolago y el actual curso del río Amarillo; B: Vista al sur del cañón formado por el río Amarillo y aterrazamiento del paleolago; C: Alternancia de las facies 1, 2 y 3 descritas en el texto.