



EL ORIGEN DE LOS BATOLITOS GRANÍTICOS DEL NOROESTE DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LA FORMACIÓN DE PÓRFIDOS DE COBRE

Martín Valencia Moreno

*Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de
México, Hermosillo, Sonora, 83240 México.*

E-mail: valencia@geologia.unam.mx

Desde el noroeste de Canadá hasta el sur de México, importantes afloramientos de rocas graníticas forman una cadena de batolitos que flanquean el borde occidental de Norte América. Estos cuerpos batolíticos se originaron a partir de la subducción sostenida del piso oceánico debajo del continente norteamericano durante el Mesozoico y el Cenozoico. En el noroeste de México, los batolitos graníticos se asocian a la subducción de la extinta placa Farallón. Su distribución forma un cinturón compuesto que se extiende desde Baja California hasta la parte central de Chihuahua y se prolonga a lo largo de gran parte del occidente del país. La notable amplitud de este cinturón, particularmente en su parte norte, ha sido explicada en términos de una progresiva migración del magmatismo hacia el interior del continente debido a una reducción en el ángulo de subducción. Se estima que la actividad ígnea se extendió unos 1000 km al oriente de la paleotrinchera entre los 120 y 40 Ma, desarrollando una etapa de migración acelerada coincidente con la Orogenia Laramide (90-40 Ma) (Damon et al., 1983).

Los batolitos graníticos del noroeste de México se emplazaron en un basamento de rocas cristalinas proterozoicas, cubierto por una gruesa secuencia de plataforma marina del Proterozoico Tardío y Paleozoico. Los afloramientos de estas rocas son relativamente abundantes en las regiones noroeste y central de Sonora, pero terminan poco más al sur debajo de una secuencia sedimentaria de cuenca marina profunda, transportada de manera compresiva hacia al N-NW entre el fin del Paleozoico y el inicio del Mesozoico. Dicha secuencia aflora principalmente en la parte centro-oriental de Sonora, pero se extiende por la mitad este de Baja California. Hacia el sur, las rocas oceánicas están cubiertas por los primeros sedimentos continentales de Sonora depositados durante

el Triásico Tardío; sin embargo, se vuelven a observar en el sur de Sonora y norte de Sinaloa. Poco más al sur, y subyaciendo la mayor parte del occidente de México, el basamento está dominado por secuencias con afinidad de arco de islas oceánicas asociadas al Terreno Guerrero, las cuales fueron emplazadas entre el Jurásico Tardío y el Cretácico medio, y acrecionadas a Norte América en el Cretácico Tardío. De acuerdo con esto, el cinturón de batolitos se emplazó de manera aproximadamente transversal a importantes límites tectónicos que separan distintos bloques de basamento (Figura 1), y por lo tanto interactuó con distintos tipos de corteza.

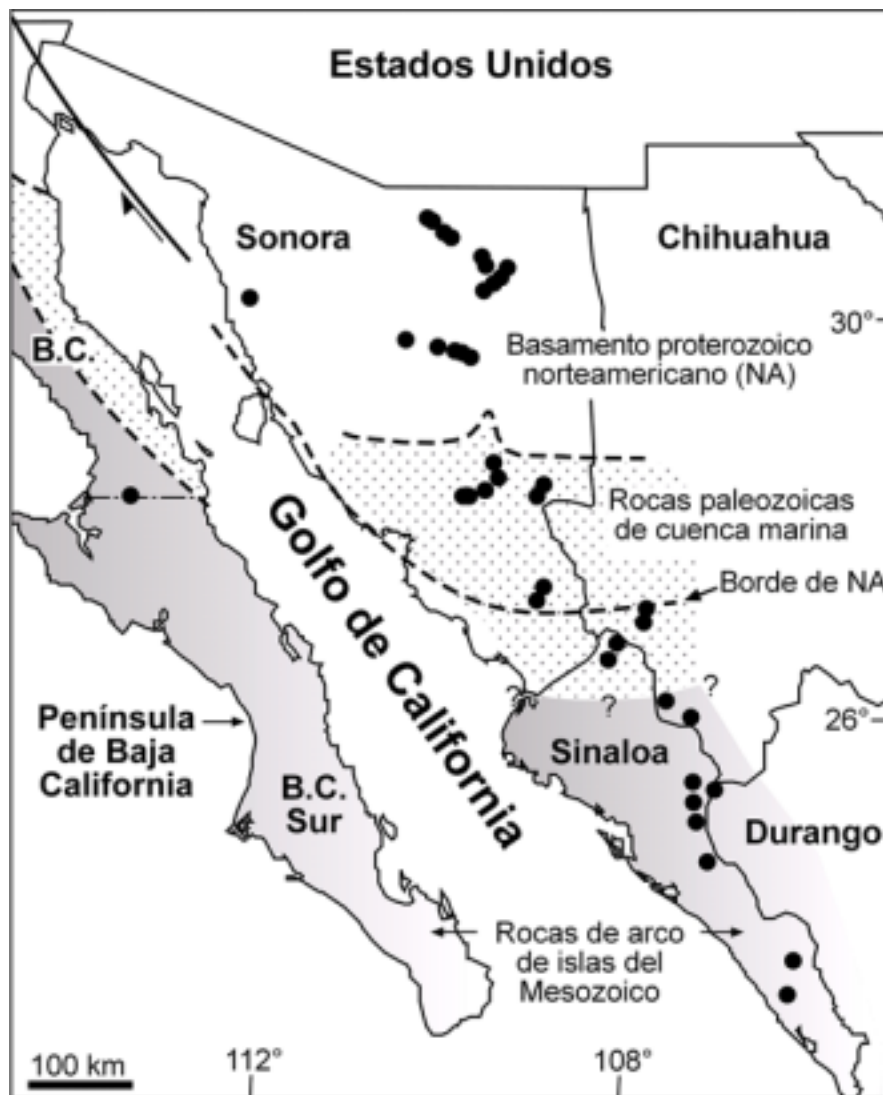


Figura 1. Configuración del basamento del noroeste de México en el cual se emplazaron los batolitos graníticos del Cretácico Tardío-Paleógeno, y los sistemas de pórfido de Cu-Mo asociados (círculos negros). Modificado de Valencia-Moreno et al. (2003, 2005).

COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA

Los batolitos del noroeste de México son resultado de intrusiones múltiples dominadas por granodioritas de biotita y hornblenda. Aunque no existe un claro control geográfico en la distribución de las diferentes composiciones litológicas, las variedades más tonalíticas ocurren en la península de Baja California y las costas de Sonora y Sinaloa, mientras que hacia la porción oriental del cinturón, los batolitos exhiben composiciones más graníticas (sensu stricto). La composición geoquímica sugiere firmas calco-alcalinas y metaluminosas, propias de magmas asociados a un proceso de subducción en un margen convergente de tipo andino. En general, los plutones de la parte norte del cinturón muestran patrones normalizados de tierras raras enriquecidos en los elementos más ligeros (La-Sm), acompañados por anomalías negativas de europio bien definidas. En la parte sur del cinturón, por el contrario, las tierras raras están menos concentradas y los patrones normalizados son más planos, con anomalías de europio relativamente pequeñas. En cuanto a las firmas isotópicas, las relaciones iniciales de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ indican un rango entre 0.7070 y 0.7089 en la parte norte del cinturón; entre 0.7064 y 0.7073 en la región central; y entre 0.7026 y 0.7062 en la porción sur. Los valores iniciales de epsilon neodimio (Nd) tienen rangos entre -4.2 y -5.4 en la parte norte; entre -3.4 y -5.1 en la parte central; y entre +4.2 y -0.9 en la parte sur del cinturón. En general, estos datos sugieren que la composición del magma fue modificada por asimilación cortical (Valencia-Moreno et al., 2001, 2003).

ORIGEN DE LOS BATOLITOS

De acuerdo con los datos isotópicos, la composición de los batolitos en la parte norte y central del cinturón puede reproducirse mediante una mezcla entre un magma inicial de origen mantélico y cantidades variables de la corteza proterozoica norteamericana. Las firmas isotópicas en el sur del cinturón requieren de la participación de un componente cortical más juvenil, cuyo mejor candidato sería el Terreno Guerrero y su basamento. Una segunda opción para la parte norte y central estaría controlada por la fusión de la corteza inferior granulítica revelada por xenolitos llevados a la superficie por flujos de basaltos alcalinos recientes, lo cual supondría una participación modesta del magma inicial mantélico (Valencia-Moreno et al., 2001).

MINERALIZACIÓN DE TIPO PÓRFIDO DE COBRE

Unos 40 depósitos de tipo pórfido cuprífero se conocen en el noroeste de México (Figura 1), los cuales están mayormente asociados al evento Laramide. Los datos geoquímicos e isotópicos muestran una clara consanguinidad entre los plutones porfídicos mineralizantes y los plutones principales. Al igual que los batolitos, estos depósitos muestran también un control espacial relacionado al tipo de basamento en el que las menas se emplazaron. En la región subyacente por Norte América, la mineralización es típicamente de Cu-Mo-W, mientras que en la región dominada por las rocas oceánicas del Terreno Guerrero, los depósitos son más comúnmente de Cu-Au con valores menos significativos de Mo y W. Por otro lado, los depósitos de mayor interés económico se localizan en la parte norte del cinturón, decreciendo en importancia en la región central y sur del mismo. El cobre primario presenta leyes entre 0.15% y 0.48% a lo largo del cinturón, sin un aparente control en el tipo de basamento. Con respecto al molibdeno, las principales concentraciones ocurren en la parte norte y centro del cinturón, con valores generalmente entre 0.015% y 0.035%. Los sistemas de pórfido de cobre en la parte sur del cinturón tienen poco molibdeno, pero están comúnmente asociados a concentraciones de oro con leyes entre 0.2 hasta 3 g/t, mayormente relacionadas a superficies de oxidación. Esto hace suponer que el cobre fue acumulado en las etapas iniciales del proceso magmático, y transportado a los niveles sub-volcánicos durante el ascenso de las fases porfídicas tardías. Por otro lado, los valores de molibdeno y tungsteno fueron al parecer enriquecidos por la interacción con la corteza antigua norteamericana. En el caso del oro, la presencia de una fuente con mayor afinidad mantélica podría explicar el enriquecimiento relativo en este metal en los depósitos de la parte sur del cinturón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Damon, P.E.; Clark, K.C.; Shafiqullah, M. 1983. Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 20: 1052-1071.
- Valencia-Moreno, M.; Ruiz, J.; Barton, M.D.; Patchett, P.J.; Zürcher, L.; Hodkinson, D.; Roldán-Quintana, J. 2001. A chemical and isotopic study of the Laramide granitic belt of northwestern Mexico: identification of the southern edge of the North American Precambrian basement. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 113: 1409-1422.
- Valencia-Moreno, M.; Ruiz, J.; Ochoa-Landín, L.; Martínez-Serrano, R.; Vargas-Navarro, P. 2003. Geology and geochemistry of the Coastal Sonora Batholith, northwestern Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 40: 819-831.
- Valencia-Moreno, M.; Ochoa-Landín, L.; Noguez-Alcántara, B. 2005. Sinopsis de los depósitos de pórfido cuprífero de México: In XXVI Convención Internacional de Minería, AIMMG (Corona-Esquivel, R.; Gómez-Caballero, J.A.; Eds.), Acta de sesiones, 123-126, Veracruz, Veracruz, México.