

EL CONTROL DE LOS DOMINIOS TECTÓNICOS EN LA METALOGÉNESIS DEL PERÚ

Víctor Carlotto, Jorge Quispe, Harmuth Acosta, Rildo Rodríguez, Darwin Romero, Luis Cerpa, Mirian Mamani, Enrique Díaz-Martínez*, Pedro Navarro, Fredy Jaimes, Teresa Velarde, Samuel Lu, Eber Cueva

INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima-Perú

*IGME Instituto Geológico y Minero de España

INTRODUCCIÓN

A partir del año 2004 y luego de la culminación de la Carta Geológica a escala 1:100,000 del territorio nacional, INGEMMET optó por cambiar su metodología de trabajo. La actualización de mapas por franjas fue seguida por el estudio de grandes dominios geológicos, con importancia en los recursos naturales y principalmente los recursos minerales y energéticos. Es así que se decidió trabajar por proyectos de investigación, que no solo se ocuparan de la actualización de la carta geológica a escala 1:50,000, sino también de realizar investigaciones específicas dentro de cada dominio geotectónico que involucre la estratigrafía-sedimentología, la tectónica, el magmatismo, la geoquímica y la metalogenia. Los estudios geológicos en curso han permitido no solo definir, sino conocer mejor los dominios geotectónicos del territorio peruano; esto ha servido de base para elaborar los nuevos mapas de dominios geotectónicos y metalogenético del Perú, y en consecuencia mejorar el entendimiento de la metalogénesis. El mapa metalogenético es una herramienta fundamental, aplicable a la prospección y exploración de recursos minerales, así como a la planificación del territorio. Este mapa es presentado desde la perspectiva de la geología regional y muestra 25 franjas metalogenéticas, poniendo en evidencia importantes unidades metalogenéticas (Carlotto et al., 2009) indispensables para la búsqueda de recursos minerales y por lo tanto para las inversiones mineras. Un mapa previo que dio inicio a estos trabajos y ha sido fundamental, es el de Quispe et al. (2007).

METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa de dominios geotectónicos (Carlotto et al., 2010, este congreso) se ha tomado como base los resultados de los proyectos de investigación enfocados en los dominios geológicos que está desarrollando el INGEMMET, dichos proyectos además de producir mapas de calidad a escala 1:50,000 como parte de la actualización de la Carta Geológica Nacional, analizan la evolución geológica de cada dominio con una combinación de herramientas clásicas como son la sedimentología, estratigrafía, tectónica, magmatismo, geoquímica y petrología con sistemas de información geográfica y bases de datos. La integración de los mapas de estos dominios está permitiendo la obtención de los nuevos mapas tectónicos y geológicos a escala 1:1'000,000 del territorio peruano que deben salir publicados en el período 2010-2011.

Como herramientas adicionales que han servido para la elaboración de los mapas estructurales y de dominios geotectónicos hemos utilizado los mapas de anomalías de Bouguer (Mamani et al., 2009), la base de dataciones actualizada de INGEMMET y la base de geoquímica de elementos mayores y trazas elaborado por la DGR del INGEMMET. Igualmente, se ha trabajado con la información de anomalías aeromagnéticas (campo total y señal analítica) con las que cuenta INGEMMET, para el sur del Perú. Esta información es relacionada con los sistemas de fallas importantes; muchas de las cuales definen los límites de diferentes dominios geotectónicos. De igual forma, con la ayuda de la geoquímica isotópica de Pb-, Nd-, Sr, Sr-Sr de publicaciones (Macfarlane, 1999; Mamani et al., 2008) y proyectos del INGEMMET, se están caracterizando las firmas isotópicas y geoquímicas de los diversos ambientes geotectónicos y de las fuentes de mineralización de los diversos tipos de yacimientos minerales presentes en nuestro territorio.

En resumen, el procesamiento y sistematización de la información geológica y de los yacimientos, mediante el uso de un sistema de información geográfica, ha permitido definir y caracterizar 25 franjas metalogenéticas donde se explica la metalogénesis del Perú (Carlotto et al., 2009; Fig.1):

- I. Franja de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico
- II. Franja de depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico

- III. Franja de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn, depósitos de Au-Cu-Pb-Zn y U-Ni-Co-Cu, relacionados con intrusivos del Pérmico-Triásico
- IV. Franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Pérmico-Triásico-Jurásico, Oligoceno-Mioceno; y depósitos epitermales de Ag-Pb-Zn
- V. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior
- VI. Franja de pórfidos de Cu-Mo del Jurásico medio-superior
- VII. Franja de pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior
- VIII. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior
- IX. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Albiano
- X. Franja de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior
- XI. Franja de depósitos epitermales de Au-Ag del Cretácico Superior-Paleoceno
- XII. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del Cretácico superior
- XIII. Franja de depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Cretácico superior-Eoceno?
- XIV. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno
- XV. Franja de pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Paleoceno-Eoceno.
- XVI. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno
- XVII. Franja de yacimientos estratoligados de Cu tipo Capas Rojas del Eoceno-Oligoceno
- XVIII. Franja de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno
- XIX. Franja de depósitos epitermales Au-Ag del Eoceno, Mioceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno
- XX. Franja de depósitos epitermales de Au-Ag del Oligoceno-Mioceno
- XXI. Franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno
- XXII. Franja de depósitos epitermales de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno
- XXIII. Franja de depósitos de W-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno superior
- XXIV. Franja de depósitos epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno
- XXV. Depósitos de Au tipo placer fluvio-aluvial Plio-Cuaternarios

INTERPRETACIONES

A partir de la información obtenida se sabe que en el Sur del Perú, varios de los dominios geotectónico corresponde a bloques alóctonos acrecionados principalmente en el Mesoproterozoico. Entre éstos destacan el Macizo de Arequipa y los bloques Altiplano Occidental y Oriental, ya que tienen bastantes argumentos geológicos. Además, estudios recientes en curso (INGEMMET) están demostrando un contexto similar en el centro y norte del Perú como el sistema Ayacucho-Cerro de Pasco y de Huancabamba (Carlotto et al., 2010, este congreso). Estas grandes fallas antiguas han dirigido el proceso de rifting al que ha estado sometido el territorio peruano durante el Permo-Triásico y en el Jurásico, controlando las cuencas, el magmatismo, y también las mineralizaciones. Durante el mesozoico las grandes fallas han delimitado y controlado las cuencas occidental y oriental separadas por altos estructurales como del Marañón, Cusco-Puno o Condoroma-Caylloma, aunque esta última desarrollada en la cuenca occidental. Las fallas tuvieron un comportamiento principalmente normal y/o de rumbo transtensivo. Durante la evolución andina, estos sistemas de fallas se han invertido y por un lado, han controlado la sedimentación de las cuencas sinorogénicas, que se desarrollan principalmente en los antiguos altos mesozoicos, como los mencionados anteriormente; y por otro lado han controlado las franjas metalogénicas. De esta manera, las antiguas fallas que actuaron como normales en el Mesozoico, se invierten y juegan como inversas o transcurrentes dextrales y sinestrales, siendo estas estructuras los conductos por donde han circulado los fluidos magmático-hidrotermales y controlando en consecuencia la distribución de las zonas mineralizadas.

En conclusión, los grandes sistemas de fallas delimitan bloques y son de magnitud cortical, definiendo dominios de importancia para la exploración, ya que controlan la distribución espacial y temporal de yacimientos minerales y en general, las franjas metalogénicas. Este es el caso del sistema Cincha-Lluta-Incapuquio, donde se concentran varios gigantes de pórfidos de Cu Paleoceno-Eoceno como Cuajone, Toquepala o Cerro Verde.

Por otro lado, el cartografiado por campos volcánicos en el norte del Perú, dentro del dominio volcánico cenozoico, ha definido importantes centros volcánicos, los que han sido datados y relacionados con la mineralización de Au-Ag del tipo epitermal, como Lagunas Norte (Alto Chicama), La Virgen, Quiruvilca, Alto Dorado y Yanacocha (Navarro et al., 2007). Los estudios de la evolución tectono sedimentaria y magmática de la región sur del Perú entre Cusco y Apurímac (Carlotto et al., 1998) han dado a conocer la evolución del magmatismo del Batolito Andahuaylas-Yauri, y la relación con los sistemas porfiríticos de Cu-Mo (Au) (Perelló et al., 2003), lo que permitió definir la metalogenia de este dominio geotectónico. El estudio del magmatismo y la tectónica de la zona costera del Perú central, pudo diferenciar dos dominios geológicos correspondientes a la cuenca Casma y otra a la cuenca Cretácico superior-Paleoceno, separados por el Batolito de la Costa; y además puso en evidencia dos dominios metalogenéticos potenciales por yacimientos de Cu-Fe-Au tipo IOCG (Cuenca Casma del Albiano) y sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) de Pb-Zn-Cu (Cuenca Cretácica-Paleocena) (Romero et al., 2008).

Finalmente, sabemos que el engrosamiento de la corteza es un condicionante para formar grandes yacimientos de tipo pórfido de Cu y epitermales, y en el caso peruano, los depósitos de Cu se formaron en el flanco oeste de la Cordillera Occidental durante el Paleoceno-Eoceno, en el borde NE de la Cordillera Occidental del sur del Perú durante el Eoceno medio-Oligoceno inferior, y en la Cordillera Occidental del norte del Perú durante el Mioceno. En todos estos casos, la geología nos evidencia que para esas épocas se produjeron los más importantes eventos tectónicos conocidos y denominados Peruano, Inca y Quechua, respectivamente; confirmándose de esta manera la importancia de la tectónica en el engrosamiento cortical. Adicionalmente, estos datos constituyen un argumento a favor de modelos que explican la formación de pórfidos de Cu y epitermales en un contexto regional compresivo (Perelló et al., 2003). De acuerdo a la petrología, magmatismo y a la geoquímica sabemos que los magmas han estado sujetos a cambios de presión y temperatura debido al engrosamiento de la corteza, favoreciendo la diferenciación magmática. Así en distintos periodos geológicos, los magmas se han desarrollado a distintas profundidades de asimilación, en una corteza cada vez más espesa. Es por eso que quizás los magmas más diferenciados, o sea los félsicos sean más favorables para la formación de yacimientos.

CONCLUSIONES

El estudio de los dominios geotectónicos ha sido importante para el establecimiento del mapa metalogenético del Perú ya que permite un mejor entendimiento e interpretación del origen de los yacimientos minerales en relación a la geología regional y la evolución geodinámica de los Andes peruanos. Este mapa es una herramienta fundamental y aplicable a los planteamientos básicos de la planificación, como la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), ya que la evaluación de los recursos minerales permite obtener mapas del potencial de recursos para la planificación del territorio.

REFERENCIAS

- Carlotto, V. (1998). *Évolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13-16°S), Pérou: enregistrement sédimentaire, chronologie, contrôles paléogéographiques, évolution cinématique*. Thèse Doct. Univ. Grenoble I, 159 p.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, L., Diaz-Martinez, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S. & Cueva, E. (2009). *Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú*. Bol. Soc. Geol. Perú, 103, 1-89.
- Carlotto, V., Acosta, H., Mamani, M., Cerpa, L., Rodríguez, R., Jaimes, F., Navarro, P., Cueva, E. & Valdivia Waldir (2010). *Los Dominios Geotectónicos del Perú*. XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos, 4 p Soc. Geol. Perú.
- Macfarlane, A.W. (1999). *Isotopic studies of the northern Andean crustal evolution and ore metal sources*. In: Skinner, B.J., ed. *Geology and ore deposits of the Central Andes*. Soc. Economic Geologists, Littleton, CO, Special Publication 7, 195-217.
- Mamani, M., Tassara, A. & Wörner, G. (2008). *Composition and structural control of crustal domains in the Central Andes*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9, doi: 10.1029/2007GC001925
- Mamani, M., Carlotto, V., Santos, A., Acosta, H., Rodríguez, R., Martiarena, R., Rodríguez, J., Navarro, J., Cacya, L., Alvan, A., Cornejo, T., Peña, D. & Aguilar, R. (2009). *Resultados de la interpolación regional de las anomalías de Bouguer y su correlación con los dominios geotectónicos del Perú*. Bol. Soc. Geol. Perú, 103, 255-263.
- Navarro, P. (2007).- *Características metalogenéticas de los yacimientos asociados al Grupo Calipuy en La Libertad y Ancash*. Bol. Soc. Geol. Perú, 102, 79-100.

Perelló, J., Carlotto, V., Zárate, A., Ramos, P., Posso, H., Neyra, C., Caballero, A., Fuster, N. & Muhr, R. (2003). Porphyry-style alteration and mineralization of the Middle Eocene to early Oligocene Andahuaylas-Yauri belt, Cuzco region, Peru. *Econ. Geol.*, 98, 1575-1605.

Quispe, J., Carlotto, V., Macharé, J. & Chirif, H. (2007). Nuevo mapa metalogenético del Perú. Reporte Interno. , Inst. Geol. Min. Met., Lima, 6 p.

Romero, D., Quispe, J., Carlotto, V. & Tassinari., C. (2008). Los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano: relación con los yacimientos tipo SMV; Perú central. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología, 6 p. Edit. Soc. Geol. Perú. CD.

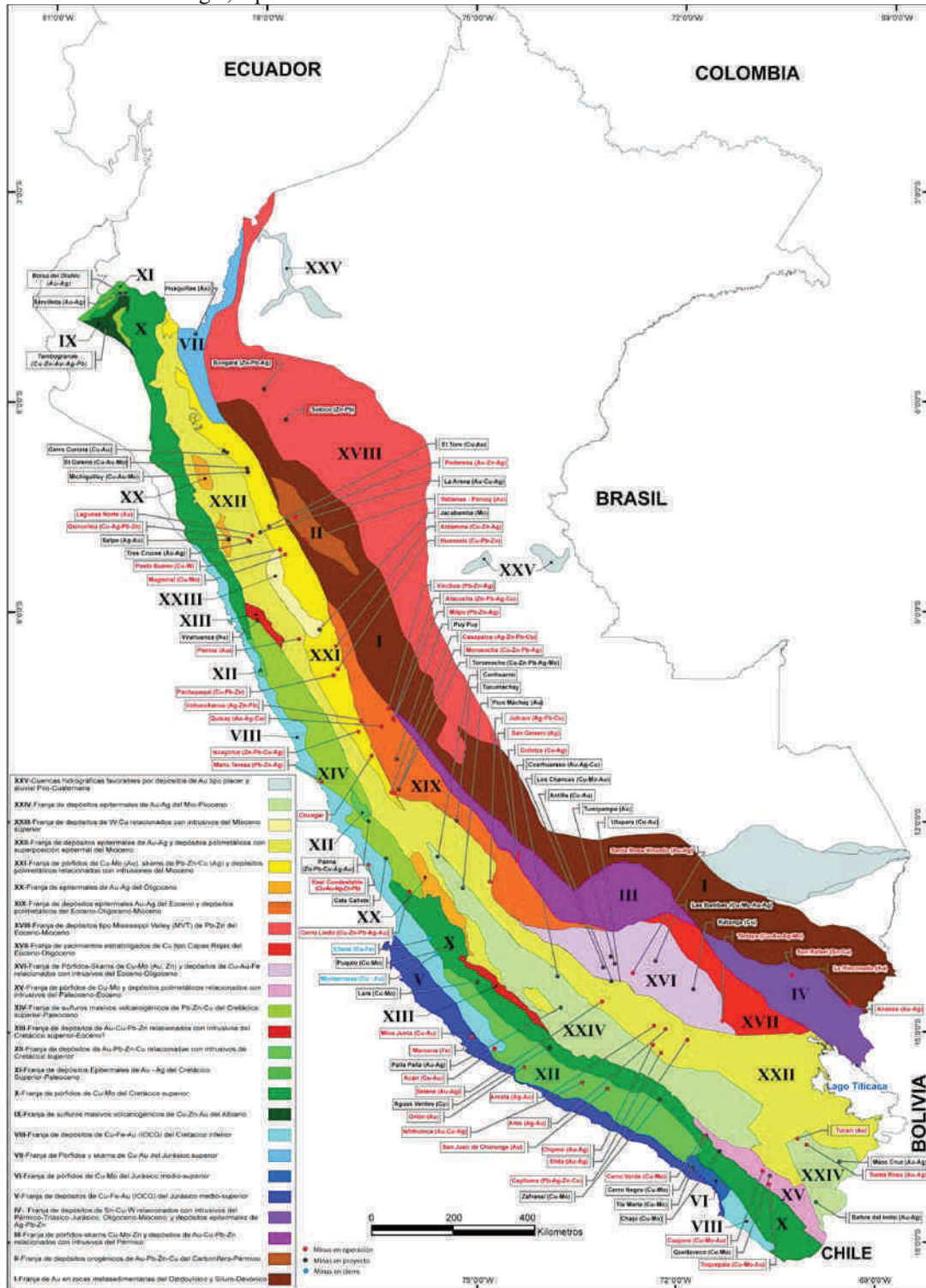


Fig. 1 Mapa Metalogenético del Perú basado en dominios geotectónicos (Carlotto et al., 2009)