



XVIII Congreso Peruano de Geología

GEOCROLOGÍA U-Pb SOBRE ZIRCONES EN LA CONTRASTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN ESPACIAL-TEMPORAL DEL MAGMATISMO Y LA METALOGENIA DEL BATOLITO DE LA COSTA “SEGMENTO AREQUIPA”

Alan Santos^{1,3}, Guo Weimin², Colombo Tassinari³, Dante Soberon¹ y Walter Ccallo¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470-San Borja, Lima, Perú, asantos@ingemmet.gob.pe

² Centro del Servicio Geológico de Nanjing, 534 Este Calle Zhongshan, Nanjing, China, mwgou@163.com

³ Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo, Rua do Lago, 526, Sao Paulo, Brasil, ccgtassi@usp.br

1. Introducción

El Batolito de la Costa, se encuentra ligado a un arco continental en zona de subducción. El cual, ha sido producto de una continua, variada y compleja evolución magmática ocurrida desde el Jurásico inferior (200 Ma) hasta el Paleógeno temprano (54 Ma) con una notoria superposición de los arcos magmáticos a través del tiempo. El magmatismo se encuentra ligado a inyecciones permanentes de fluidos hidrotermales que han favorecido en la generación de importantes zonas mineralizadas a lo largo del flanco Oeste de la Cordillera Occidental. El cartografiado geológico del Batolito de la Costa y su roca caja fueron realizados por Cobbing et al. (1977), Caldas (1978), Olchanski & Dávila (1980) y Cobbing (1982). Estos estudios previos han establecido edades relativas y asociaciones petrogenéticas entre los distintos plutones. Sin embargo, los objetivos principales del presente estudio son: (1) realizar un cartografiado a mayor detalle (escala 1:25,000) de los distintos plutones, tomando en consideración las variaciones texturales, composicionales y edades relativas mediante la caracterización petrográfica, geoquímica y relaciones de contacto, respectivamente; (2) establecer una edad absoluta de la cristalización para los distintos cuerpos plutónicos mediante el estudio de geocronología isotópica U-Pb sobre zircones; así de esta manera reconstruir la evolución magmática e hidrotermal del segmento norte de Arequipa (Cobbing et al., 1977); (3) realizar una reagrupación en unidades y super-unidades magmáticas de acuerdo a las características comunes que presenta cada roca plutónica, términos que han sido adoptados de

estudios realizados por Cobbing et al. (1977); (4) relacionar los distintos eventos magmáticos con la mineralización. Así mismo, establecer los principales controles estructurales y litológicos que han permitido el emplazamiento del batolito y de los yacimientos minerales.

2. Marco Geológico

Las rocas más antiguas que afloran entre Lomas y Cocachacra (FIG. 1), están conformado por migmatitas, gneis y esquistos micáceos, cloritosos y hornbléndicos denominado como Complejo Basal de la Costa (Shackleton et al., 1979 y Wasteneys et al., 1995) de edad Meso-Neoproterozoica (1862 ± 8.11 y 996.4 ± 5.3 Ma), cortados por dioritas, sienogranitos-monzogranitos de textura que variada de faneríticos de grano fino a porfídicos con megacrístales de feldespatos potásicos de edad Ordovícica (466.1 ± 2.6 y 464.8 ± 2.4 Ma, U/Pb). Sobreyacen en inconformidad rocas sedimentarias de edad Paleozoica asociadas a los grupos Ambo, Tarma y Mitu. Al norte de Chala, Atico y Ocoña se observa una secuencia de edad Jurásica, constituida por areniscas intercaladas con conglomerados, calizas, niveles de aglomerados volcánicos y lavas andesíticas de la Formación Río Grande. Estas unidades están sobreyacidas por rocas sedimentarias de la Formación Moquegua (Eoceno-Oligoceno) y niveles de ignimbritas de la Formación Alpbamba de edad Mioceno superior (9.97 ± 0.38 y 9.38 ± 0.2 Ma, U/Pb). Sin embargo, la ocurrencia de cuerpos intrusivos a lo largo de la Costa marca una gran importancia económica en esta área.

Tabla N° 1: Características principales de las super-unidades magmáticas reconocidas en el sector norte del Segmento Arequipa. * La ubicación espacial de las edades U/Pb se encuentran en la FIG. 1

Unidad Magmática	Edad U-Pb (Ma)*	Estudios geocronológicos	Expresión morfológica	Variación de facies	características de minerales principales
Punta Coles	189±13 184	Demouy et al. (2012) y Mukasa (1986)	afloramientos alargados N160° y como cuerpos aislados	gabros a gabrodioritas	en algunos casos es posible observar un bandeamiento composicional
Zafranal	175.9±0.6 171.4±0.94	Santos et al. (<i>unpub. Work</i>)	conforma un cuerpo alargado de orientación N140°	cuarzodioritas y cuarzo monzonitas con variaciones a tonalitas-granodioritas	presenta anfíboles desarrollados orientados y en su mayoría se encuentran biotitizados.
Medanos	168.27±0.72 165.4±1.0 164.9 ±1.1	En este trabajo (ver FIG. 1)	sus afloramientos conforman un cinturón de orientación EO	monzogranitos	presenta anfíboles cloritizados en una matriz afanítica con trazas de turmalina
Chala	159.2±0.94 160.1±1.8 161.16±0.84	En este trabajo (ver FIG. 1)	semicircular con fuerte abrasión marina	monzodioritas con variaciones a dioritas	cristales tabulares de anfíboles orientados y cúmulos de biotitas
Chillihuay	158.4±1.4	En este trabajo (ver FIG. 1)	tabulares de orientación N150°	granodiorita con variación a monzogranito. Textura mingling.	granodiorita porfídica, con fenos de cuarzo redondeados y escasos feldespatos potásicos
Tembladera	158.2±2.2	En este trabajo (ver FIG. 1)	tabulares de orientación N150°	tonalitas con variación a granodioritas	presenta abundante concentración de biotitas hexagonales y en cúmulos (<0.4cm)
Complejos de diques	163.3±1.1 157.7±1.1	En este trabajo (ver FIG. 1)	enjambre de diques de orientación N140°	roca caja diorítica foliada y diques de variada composición	
Torrecillas	149.0±0.1 146.1±1.5	En este trabajo (ver FIG. 1)	tiene una orientación N120° hacia el río Atico	cuarzo-dioritas, granodioritas y granitos	se observan cristales tabulares de anfíboles y la biotita se presenta aislada y en cúmulos
Stock San Juan	153.8±1.1	En este trabajo (ver FIG. 1)	presenta una geometría semicircular	granito porfídico	contiene un desarrollo de stock work de venillas tipo A
San Luis	151.8±1.2 141.24±0.99	En este trabajo (ver FIG. 1)	cuerpos tabulares aislados dentro de la SU Sacota	dioritas a cuarzodioritas	la biotita esta en cúmulos. Además se tiene fenocristales de hornblendas. En las zonas de fallas se observa una fuerte esquistosidad y bandeamiento
Stock Sausales	145.44±0.87	En este trabajo (ver FIG. 1)	cuerpos tabulares de orientación NS	sienogranitos	biotitas aisladas cloritizadas y escaso anfíbol
Sacota	133.7±1.7 134.56±0.83 140.5±0.87	En este trabajo (ver FIG. 1)	cinturón magmático de orientación N120°	actividad magmática de mayor volumen de tonalitas a granodioritas	hornblendas tabulares desarrolladas (<1.5cm) y biotita hexagonal. En las zonas de fallas se encuentran fuertemente milonitizadas
Acarí	109±4	Vidal et al. (1990)	cuerpo semicircular	dioritas de grano fino, grueso, que varían a cuarzodioritas leucócrata	escasa biotita y abundante piroxeno
Ilo	112.1±1.7	En este trabajo (ver FIG. 1)	cuerpos aislados, cubiertos por la Fm. Moquegua.	cuarzodioritas con variaciones a tonalitas	presenta cúmulos de biotitas y pobres en anfíbol desarrollado
Jaqui	100.0±1.2 99.0±1.6	En este trabajo (ver FIG. 1)	geometría alargada de orientación N120°	monzodioritas que varían a monzonitas y cuarzo monzonitas	hornblendas tabulares y cúmulos de biotitas
Pampahuasi	95.5±0.6 92.3±1.0	En este trabajo (ver FIG. 1)	los afloramientos aislados semicirculares	dioritas y granodioritas	bajo desarrollado de los cristales de anfíboles y biotita
Tiabaya	71.14±0.8	En este trabajo (ver FIG. 1)	pequeños stocks	tonalitas con variaciones a granodioritas	biotitas aisladas hexagonales
Linga	68.2±0.4 64.8±0.4	Demouy et al. (2012)	cuerpo alargado de orientación N150°	monzonitas	pequeñas biotitas (<0.2cm) aisladas hexagonales
Yarabamba	65.9±0.5	Demouy et al. (2012)	stock irregulares al sur de Arequipa y en el valle de Cocachacra	dioritas y granitos	presentan anfíboles y biotita
Salamanca	53.7±2.7 57.1±2.9	JICA (1986)	stock semicircular en salamanca y stocks menores se tiene en el valle de Cotahuasi	tonalitas varían a granodioritas	anfíboles desarrollados (<1cm)

3. Estudios previos de geocronología

Numerosos estudios geocronológicos (K-Ar, Rb-Sr, U-Pb) han sido efectuados para dilucidar la historia del emplazamiento del batolito de la Costa del segmento norte de Arequipa (Stewart et al., 1974, Weibel, 1978; Sánchez, 1982; Cordani et al., 1985; Beckinsale et al., 1985; Mukasa, 1986; Schildgen, 2009). Los estudios anteriores llevaron a la siguiente conclusión. La actividad magmática en el segmento de Arequipa ocurrió entre los 86 y 53 Ma. Sin embargo, Mukasa (1986), fue el primero

en obtener edades de cristalización de 188 y 184 Ma, indicando que representa un cinturón plutónico de un arco continental de edad Jurásica. Posteriormente, Boeckhout (2012) y Demouy et al. (2012), obtienen nuevas edades U-Pb y concluyen que el Batolito de la Costa se emplazó en dos eventos magmáticos principales, un primer pulso Jurásico datado entre 200-175 Ma y otro de edad Cretácico superior entre 90-60 Ma. Por otra parte, Schildgen (2009), adquiere edades Ar-Ar de 135-137 Ma en tonalitas del valle de Cotahuasi-Ocoña. Así mismo,

rocas intrusivas Jurásicas-Cretácicas también son reportadas en la zona norte del distrito de Atico (Santos et al., 2014). Edades de mineralización son reportadas por Rivera (2012), Huamán (2014), Santos et al. (2016) y Santos (*unpub. Work*).

4. Segmento Norte de Arequipa

El sector Norte del segmento de Arequipa ha sido poco estudiado en comparación con la parte Sur de este mismo segmento. Se ha llegado a determinar 47 edades absolutas U-Pb sobre zircones distribuidas en la mayoría de plutones que conforman este complejo batolítico, las cuales son especificadas en la FIG. 1 y en tabla N°1.

Por otra parte, se ha registrado amplias zonas de cizalla “*shear zone*”, donde afloran intrusivos gnéisicos de texturas bandeada de edad Jurásico superior-Cretácico inferior (~147 Ma), asociadas a extensas fallas regionales (FIG.1).

4.1 Método analítico

Se inició con la separación de minerales de zircón a través del uso de líquidos densos y el uso de frantz. Posterior a ello se obtuvieron imágenes de catodoluminiscencia (CL) de las 47 poblaciones de zircones obtenidas de las diferentes muestras. Las dataciones U-Pb fueron realizadas en los laboratorios de la Universidad China de Ciencias de la Tierra, Wuhan y en la Universidad de Sao Paulo, Brasil, aplicando métodos LA-ICP-MS y SHRIMP respectivamente.

5. Conclusiones

En base al cartografiado geológico al detalle e integración de datos geoquímicos y geocronológicos se tiene registradas 18 super-unidades y 2 unidades magmáticas distribuidas en un tiempo geológico continuo desde el Jurásico inferior (200 Ma) al Paleógeno (54 Ma). Estas super-unidades magmáticas se encuentran conformando un extenso batolito de variada composición (gabros a sienogranitos), con un mayor volumen de granodioritas-tonalitas (FIG. 1). El emplazamiento del batolito y de los yacimientos minerales tipo pórfido, IOCG, vetas mesotermales auríferas y cupríferas, han sido controlados litológicamente por el Complejo Basal de la Costa y por los sistemas de fallas Cincha-Lluta de rumbo andino e Iquipí-Clavelinas de orientación EO, ambos sistemas son de componente sinistral-inverso. El rumbo varía bruscamente a un trend andino en la deflexión del área de Cora Cora

Referencias

- Boeckhout F. (2012). Geochronological constraints on the Paleozoic to early Mesozoic geodynamic evolution of the southern coastal Peru [Ph.D. thesis]: París, University Genève, 2012
- Beckinsale, R.D., Sánchez, A., Brook, M., Cobbing, E.J., Taylor, W.P. & Moore, N.D. (1985). Rb-Sr wholerock isochron and K-Ar age determinations for the Coastal Batholith of Peru. In: Pitcher, W.S., Atherton, M.P., Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D., eds. *Magmatism at a plate edge: the Peruvian Andes*; Blackie, Glasgow, 177-202.
- Caldas, J. (1978). Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 30, 78 p.
- Cobbing, E.J. (1982). The Segmented Coastal Batholith of Peru: Its Relationship to Volcanicity and Metallogenesis: *Earth Science Reviews*, v. 18, p. 241-251.
- Cobbing, E.J., Pitcher, W.S. and Taylor, W.P. (1977). Segments and super-units in the coastal batholith of Peru: *Journal of Geology*, v. 85, p. 625-631.
- Cordani, U.G., Kawashita, K., Siegl, G.G., Vicente, J.-C. (1985). Geochronological results from the southeastern part of the Arequipa massif, *Comunicaciones (Universidad de Chile)*, n. 35, p. 45-51. Demouy et al. (2012)
- Huamán, J., Bustamante, J., Galvez, S. (2014). Mineralización supérgena del pórfido Cu-Au-Mo, Proyecto Ocaña, Arequipa-Perú. Congreso Peruano de Geología, 17, Lima, PE, 12-15 Octubre 2014, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2014, 4 p.
- Japan International Cooperation Agency (JICA), 1986, Report on mineral exploration in Cotahuasi area, Republic Perú Phase I: Metal Minig Agency of Japan, 223 p.
- Mukasa, S.B., (1986). Zircon U-Pb ages of super-units in the Coastal batholith, Peru: Implications for magmatic and tectonic processes: *Geological Society of America Bulletin*, v. 97, n. 2, p. 241-254.
- Olchauski, E., Dávila, D. (1980). Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra. NGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 34, 69 p.
- Rivera, F. (2012). Nuevos Datos Geocronológicos en la Franja Cretácea de Pórfidos de Cobre en el Sur del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú*, 106, 49-57.
- Sánchez, A. (1982). Edades Rb-Sr en los segmentos Arequipa-Toquepala del batolito de la costa del Perú. Congreso Latinoamericano de Geología, 5. Actas. Buenos Aires:Servicio Geológico Nacional 1982, tomo 3, pp. 487-504.
- Santos, A., Cerpa, L., Tassinari, C., Rivera, F. (*unpub. Work*). Geocronología de las Rocas Intrusivas Relacionadas a la Mineralización del Pórfido Cuprífero de Zafranal.
- Santos, A., Rivera, F., Posso, H., Tassinari, C., Weimin, G. (2016). Evolución temporal y espacial de los cinturones metalogenéticos del Sur de Perú. Congreso Peruano de Geología, 18, Lima, PE, 16-19 Octubre 2016, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2016, 4 p.
- Santos, A., Weimin, G., Soberón, D., Torres, D., Ccallo, W. (2014). Magmatismo y litogeoquímica de los granitoides del Jurásico y Cretácico entre Chala y Atico. Congreso Peruano de Geología, 17, Lima, PE, 12-15 Octubre 2014, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2014, 4 p.
- Schildgen, T., Ehlers, T., Whipp, D., Van Soest, M., Whipple, K., Hodges, K. (2009). Quantifying canyon incision and Andean Plateau surface uplift, southwest Peru; a thermochronometer and numerical modeling approach. *Journal of Geophysical Research*. 22 p. vol. 114.
- Shackleton, R., Ries, A., Coward, M., Cobbold, P. (1979). Structure, Metamorphism and geochronology of the Arequipa Massif of coastal Perú. *Journal of the Geological Society*, v.136, p. 195-214.
- Stewart, J. W., Evernden, J.F., Snelling, N.J. (1974). Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey: *Geological Society of America Bulletin*, v. 85, n. 7, p. 1107-1116.
- Vidal, C., Injoque, J., Sidder, G., Mukasa, S. (1990). Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru: *Economic Geology*, v. 85, n. 7, p. 1447-1461.
- Wasteneys, H., Clark, A., Farrar, E., Langridge, R. (1995). Grenvillian granulite-facies metamorphism in the Arequipa Massif, Peru: a Laurentia-Gondwana link. *Earth and Planetary Science Letters* 132, p.63-73.
- Weibel, M., Frangipane-Gysel, M., Hunziker, J.C. (1978). Ein Beitrag zur Vulkanologie Süd-Perus: *Geologische Rundschau*, v. 67, p. 243-252.

