

PETROGÉNESIS DEL CRETÁCICO INFERIOR Y METAMORFISMO DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL SUR DE PERÚ: LA SUPER UNIDAD TORCONTA

Juan Rodriguez, Harmuth Acosta, Moisés Cutipa, Walter Ccallo, Mirian Mamani

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

INTRODUCCIÓN

En el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa ubicado al sur del Perú, afloran volúmenes importantes de rocas ígneas intrusivas de composición tonalítica a granodiorítica (Fig. 1). A este conjunto de intrusivos Vargas (1970) lo denomina como unidad de Tonalita Torconta. Los intrusivos de esta Super Unidad afloran cerca de rocas metamórficas del tipo gneis y esquistos, el contacto entre gneises e intrusivos es difuso. Las edades reportadas por diferentes métodos radiométricos para los gneises e intrusivos de Torconta abarcan desde el Neoproterozoico al Cretácico (Stewart et al., 1974; Sánchez, 1983; Cordani et al., 1985). En la actualización de los mapas geológicos del cuadrángulo de Caravelí (32p) y Aplao (33r) se ha estudiado una unidad de rocas intrusivas que tienen también composición de tonalita y granodiorita, y que pertenecen al Segmento Arequipa, esta unidad se prolonga por las localidades de Vitor, Arequipa y Omate. Recientes dataciones por el método Ar-Ar dan edades de 136 Ma

(Schildgen et al., 2009) para las granodioritas en la zona de Iquipi-Caravelí, además clastos de gneis (transportados del borde oeste de la Cordillera Occidental) en los sedimentos de la cuenca Moquegua tienen edades entre 147 Ma y 101 Ma (en zircones FT, Decou et al., 2011). El presente trabajo se enmarca en el proyecto GR1 “Geología de la costa sur y vertiente oeste de la Cordillera Occidental” del INGEMMET y propone que los intrusivos tonalíticos y granodioríticos de la Super Unidad Torconta que afloran desde el sector de Caravelí hasta el río Vitor en La Joya, se formaron en el Cretácico inferior y que fueron afectados por un metamorfismo tectónico en el Cretácico superior; por lo que proponemos que todas las unidades marcadas con color rojo (Fig. 1) corresponden a la Super Unidad Torconta. Esta denominación es corroborada por recientes dataciones radiométricas (Schildgen et al., 2009), mapeo geológico, mediciones estructurales, estudios petrográficos y geoquímica de elementos mayores y elementos traza (10 muestras).

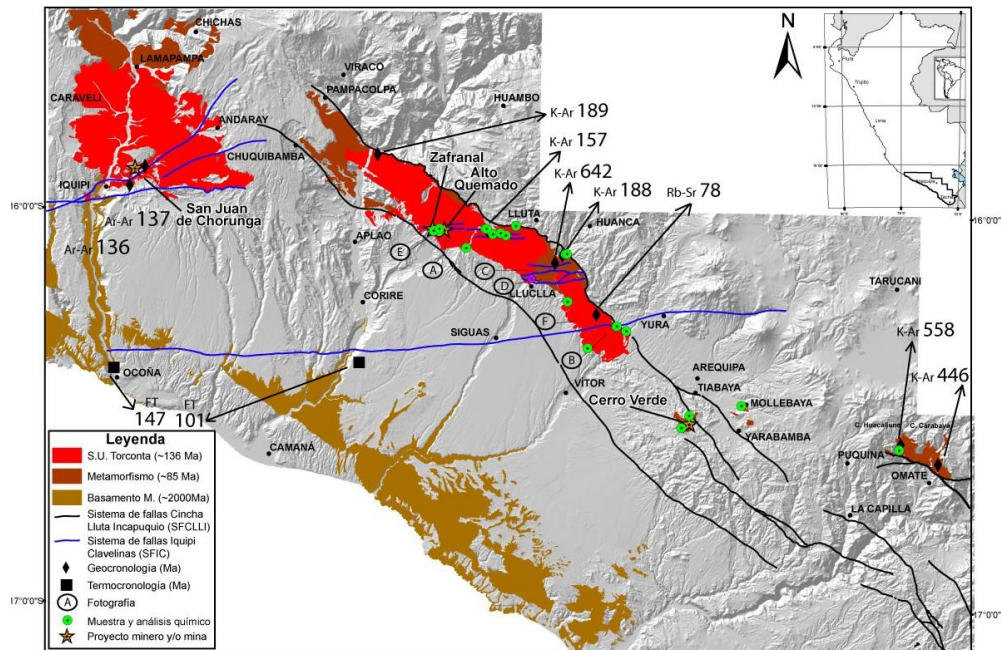


Figura 1. Muestra los afloramientos correspondientes a la Super Unidad Torconta y a las rocas metamórficas relacionadas a esta Super Unidad. Se aprecia la estrecha relación con los sistemas de fallas Iquipi (SFI) y Cincha-Lluta-Incapuquio (SFLLI) que lo afectan.

RESULTADOS

Dataciones actualizadas

En el trabajo de Schildgen et al., (2009) se reporta dataciones de 136 Ma y 137 Ma por el método Ar/Ar utilizando minerales de biotita en granodioritas del sector de Caravelí. Los estudios anteriores relacionados al magmatismo (Pitcher et al., 1985) y geocronología (Beckinsale et al., 1985) de estos intrusivos, les asignaron edades del Cretácico superior, agrupadas a la Super Unidad Incahuasi ~83 Ma (granodioritas-tonalitas-dioritas) y a la Super Unidad Tiabaya ~78 Ma (principalmente granodioritas). Estas contradicciones en edades radiométricas probablemente se deben al método de datación que usaron e.g., Rb-Sr, K-Ar, además del efecto del metamorfismo tectónico y a la presencia de numerosos eventos de diques que contribuyeron a una designación muy amplia de estas rocas. No se reportaron dataciones radiométricas por el método U-Pb para la Super Unidad Torconta.

Mapeo geológico

Los estudios de campo realizados por el sector de Iquipi-Caraveli muestran afloramientos de volúmenes abundantes de rocas granodioríticas y tonalíticas de forma tabular y direccionadas hacia el NO-SE, que intruyen a rocas volcánicas de la Formación Río Grande principalmente y rocas sedimentarias del Grupo Yura. En el sector del proyecto Alto Quemado afloran granodioritas (Fig. 2E) que contiene minerales principales como anfíboles (35%), cuarzo (25%), plagioclasa (20%) y feldespato potásico (15%). En este sector los afloramientos de estas rocas están directamente asociados a los sistemas de fallas Cincha-Lluta-Incapuquio (SFCLLI) y Sistema de Fallas Iquipi (SFI), formando extensos cuerpos de forma tabular y con dirección preferencial NO-SE. Esta Super Unidad en la zona de río Vitor intruyen a los volcánicos de la Formación Chocolate. Por el sector de Omate (Fig. 1), entre los cerros Huacallune y Carabaya se aprecia un amplio afloramiento de roca metamórfica, que es intruido por granodioritas.

Geología estructural y metamorfismo tectónico

El emplazamiento de rocas ígneas pertenecientes a la Super Unidad Torconta está muy bien relacionado a la actividad tectónica distensiva del SFCLLI. Durante el Cretácico inferior hay una fuerte relación entre este

sistema de fallas con el arco magmático Casma (145 - 105 Ma, Mamani et al., 2012 este congreso), Para esta época el SFCLLI se comportaban de manera distensiva, lo que conllevó a que los afloramientos de esta Super Unidad se emplazaran a manera de grandes masas dispuestas en forma tabular en dirección NO-SE (Fig. 1), además de encontrar los afloramientos restringidos al área de influencias de este sistema de fallas. Posteriormente durante la inversión tectónica a ~85 Ma (Acosta et al., 2012 este congreso) son exhumados y metamorfizados en sectores cercanos a los esfuerzos de las fallas principales.

En el sector de Lamapampa en río Ocoña (Cuadrángulo de Caravelí) se aprecian extensos afloramientos nombrados como parte del Complejo Basal de la Costa (Pecho, 1983). Estos afloramientos en realidad pertenecen a la Super Unidad Torconta, las observaciones de campo manifiestan que efectivamente existe gneis y esquistos micáceos, pero estas rocas o texturas del tipo metamórfico están relacionadas a los esfuerzos tectónicos. El metamorfismo es intenso solo en zonas cercanas a estructuras, disipando su intensidad y/o efecto a corta distancia (~10 m), pasando esta distancia se hallan rocas frescas granodioríticas y tonalítica. Una característica muy crucial para la identificación y asignación de estos metamórficos a un proceso metamórfico local y ligado a actividad tectónica es la presencia de zonas mineralizadas (vetas, mantos, pórfidos). Al sur del poblado de Iquipi en el río Ocoña, se aprecia el verdadero contacto entre rocas pertenecientes al Basamento Metamórfico de Arequipa y a la Super Unidad Torconta. En este sector no se aprecia mineralización alguna en las rocas metamórficas, a pesar de estar afectado por fallas importantes. Esta diferencia en la recepción y producción de mineralización conllevó a evaluar otras zonas con el fin de asignar mejor las áreas asignadas a rocas metamórficas en la Cordillera Occidental. Por esta razón, visitamos la zona de Zafranal, Alto Quemado, Siguas, Torconta entre Aplao y Arequipa, lugar donde también se aprecian amplias zonas que fueron atribuidas al Basamento Metamórfico de Arequipa (Fig. 2B) (Vargas, 1970) e intrusivos del Jurásico datados en 189 Ma y 157 Ma (K-Ar, Cordani, 1985). En este sector se aprecia la alteración de minerales ferromagnesianos y en sectores

esquistos micáceos originados por un metamorfismo de contacto (Fig. 2A, 2C). Este metamorfismo es provocado por movimientos de fallas de tipo transpresivas que marcan el inicio de la inversión tectónica del SFCLLI y la formación de la Cordillera Occidental (Acosta et al., 2012 este congreso). Las fallas pertenecientes al SFI que coetáneamente se activan con un movimiento transpresivo incrementan el grado y área de metamorfismo. La presencia de numerosas vetas y cuerpos mineralizados como Zafranal (81 Ma, Mamani y Rivera, 2011), Alto Quemado, cerro Redondo (Fig. 2D) en estas rocas metamórficas confirman la filiación con procesos de metamorfismo local y de baja temperatura (Fig. 2F) que no modifican la naturaleza química de la roca y son capaces de albergar y formar yacimientos. Otro ejemplo tangible de la capacidad de albergar yacimientos es Cerro Verde, donde las rocas volcánicas y sedimentarias de las Formaciones Chocolate y Socosani son afectados por los mismos procesos que generaron metamorfismo en la Super Unidad Torconta.

Por último, el afloramiento asignado al Basamento Metamórfico de Arequipa en el sector de Omate también corresponde en realidad a la Super Unidad Torconta, aunque Sanchez (1983), reporta edades de 557 y 455 Ma por los métodos K-Ar. Los estudios de campo realizados en ese sector muestran la relación existente entre las fallas y el metamorfismo similar a lo observado en la zona de Lamapampa en el Río Ocoña.

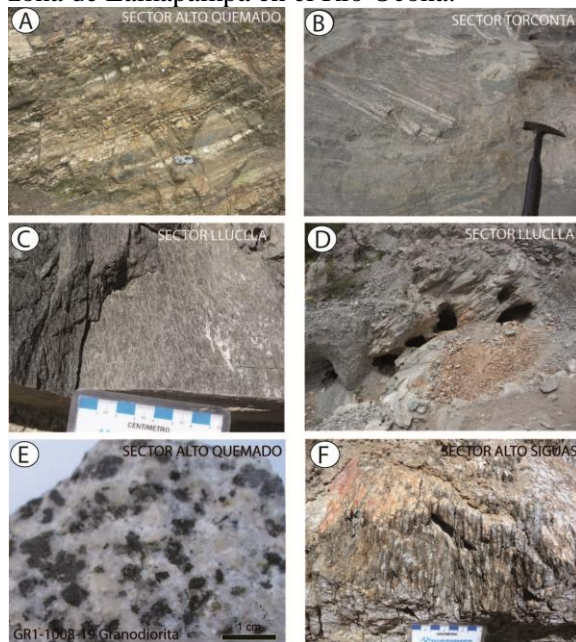


Figura 2. Fotografías mostrando a la Super Unidad Torconta y rocas metamórficas ligadas a ellas. A) Gneis bandeado con vetillas de cuarzo. B) Xenolitos de roca metamórfica mostrando la mezcla de magmas de la Super Unidad Torconta, en el cerro Torconta. C) Esquistos de biotita en el valle del río Sigwas. D) Labores artesanales en vetas con cuarzo, oxidos de fierro y oro en esquistos micáceos en la margen izquierda del río Sigwas. E) Granodiorita de textura granular en el sector de Alto Quemado. F) Tonalitas parcialmente metamorfizadas, donde se aprecia una incipiente orientación de los cristales en el sector de Cerro Redondo al oeste de Lluta.

Geoquímica

Se utilizaron diagramas binarios de discriminación de 10 muestras con análisis de elementos mayores y/o elementos traza (Fig. 3), En la (Fig. 3A) las rocas intrusivas de la Super Unidad Torconta tienen un contenido de SiO_2 alto (63 a 70 wt%), el contenido de álcalis $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ es medio (4 a 7 wt%) y corresponden al campo de las granodioritas. En la (Fig. 3B) muestra la subdivisión de rocas subcalinas (Le Maitre et al., 1989) donde muestra el contenido de K_2O predominantemente bajo (1 a 3 wt%) para las granodioritas del sector de Alto Quemado, las granodioritas de la quebrada Huacán abarcan contenidos K_2O de bajo a medio (1 a 4 wt%). La (Fig. 3C) muestra las razones de La/Yb (10 a 20) y Sm/Yb (1.5 a 3.5), donde muestra en la fase residual del magma la cristalización de plagioclasas para las granodioritas de la Super Unidad Torconta. El perfil de elementos de tierras raras normalizadas al condrito (Fig. 3D) muestra una pendiente suave y con un empobrecimiento de Sm, Eu, Tb y Dy y enriquecimiento en anomalías de Ce, Nd y Gd para las granodioritas de la Super Unidad Torconta.

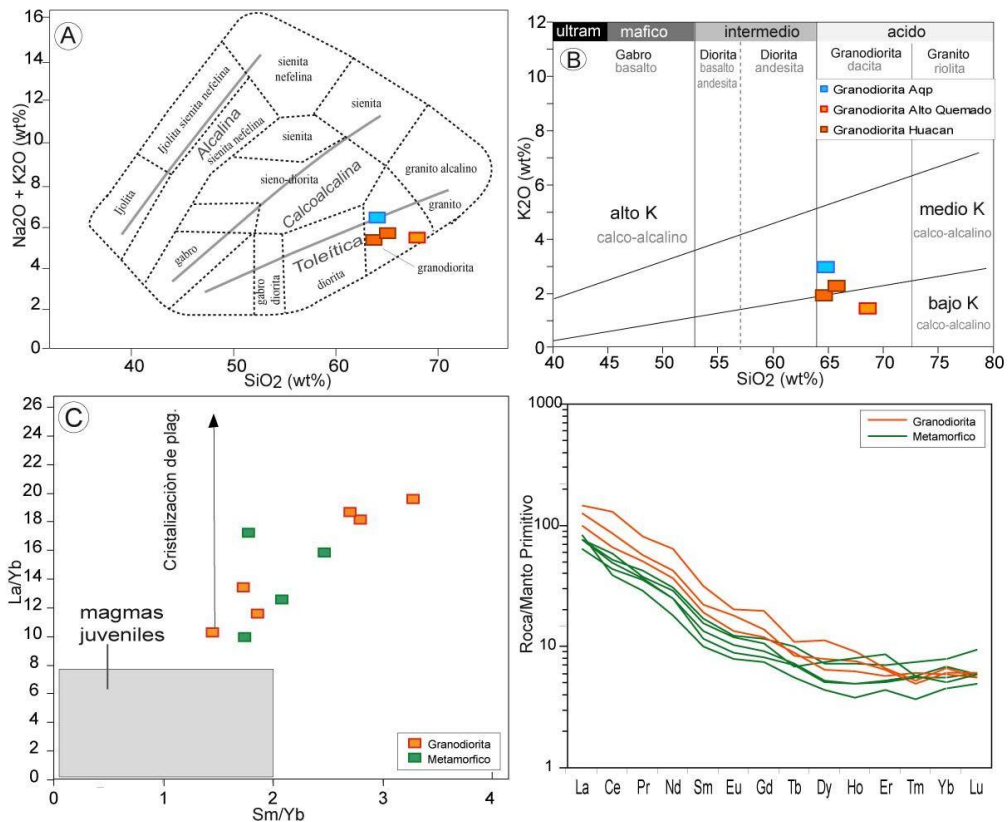


Figura 3. A) Clasificación y nomenclatura de rocas plutónicas SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ B) Diagrama para ver la subdivisión de rocas subalcalinas SiO_2 vs K_2O . C) Razones de La/Yb vs Sm/Yb . D) Spidior diagrama utilizando los elementos de tierras raras (REE).

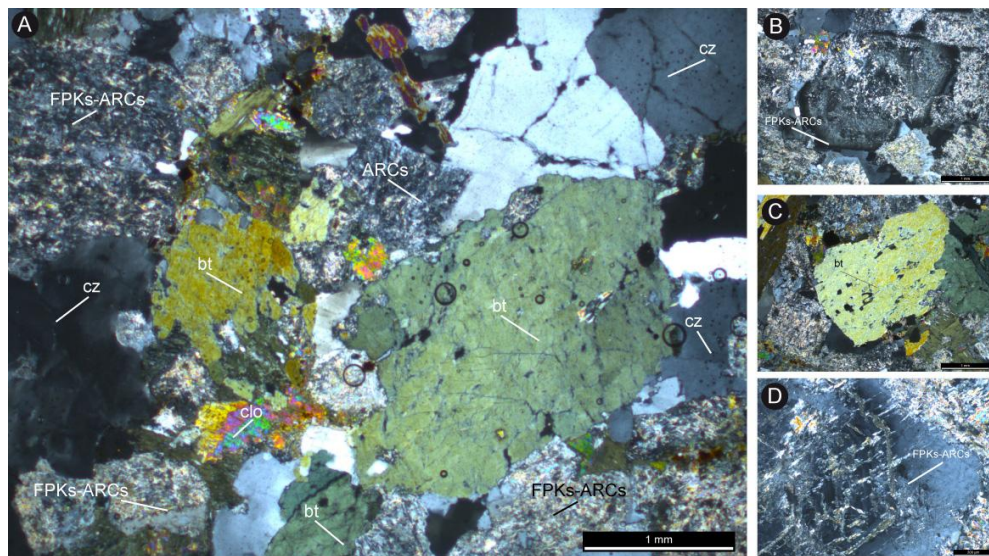


Figura 4. A) Microfotografía de granodiorita vista en el microscopio Leica DM750P en luz polarizada. B) Ortosa: se aprecian cristales subhedrales de tamaño aproximadamente de 1-3 mm, están moderadamente alterados por arcillas desde el centro hacia el contorno del cristal; algunos cristales poseen hasta 3 eventos de zonación. C) Biotita: cristales anhedral que están débilmente alterados por clorita y epidota, los cristales están parcialmente alterados por arcillas. La biotita secundaria está intercrecido con textura granular hipidiomórfica en cristales de plagioclasa. D) Plagioclasas: cristales subhedrales y anhedral de tamaño 2-3 mm.

Petrografía

Granodiorita AP-I-01-05 (22090503) Super Unidad Torconta, Quebrada Huacán, al NE de Aplao. UTM (WGS 84) 805580N-8224250.

Macroscópica: Roca intrusiva de color beige rosáceo, textura granular compuesta por cristales de ortosa (30%), cuarzo (25%), biotita (20%) y plagioclasa (15%) como minerales

principales. Los minerales accesorios predominantes son las hornblendas (10%). Presenta minerales secundarios o de alteración como clorita y arcillas.

Microscópica: Roca intrusiva de textura holocristalina y fanerítica media, compuesta principalmente de cristales subhedrales a anhedrales de ortosa, cuarzo, biotita y plagioclasa. La clorita se presenta por alteración de minerales de biotita y anfíboles (Fig. 4).

CONCLUSIONES

La Súper Unidad Torconta se emplazó durante el Cretácico inferior (~136 Ma), corresponde al arco magmático de Casma (145-105 Ma). Litológicamente está compuesta por tonalitas y granodioritas dispuestas en grandes masas tabulares inyectadas durante la actividad tectónica distensiva del SFCLLI. Durante el Cretácico superior (Coniaciano-Santoniano) estas grandes masas intrusivas inician su proceso de exhumación gracias a las nuevas condiciones de compresión que provocaron la inversión tectónica del SFCLLI. Esta inversión tectónica asociado a la posterior actividad tectónica del SFI genera un metamorfismo de bajo grado. El metamorfismo se incrementa en zonas cercanas a fallas principales (Lamapampa, Zafranal, Siguas, Omate).

Las muestras de elementos mayores indican series magmáticas de tipo Toleítico y Calcoalcalino, correspondiendo a magmas bimodales. Los (REE) muestran un empobrecimiento de Sm, Eu, Tb y Dy asociado a magmas de diferente composición probablemente relacionados a la contaminación con el basamento metamórfico de Arequipa. En la sección delgada se muestra la alteración de los minerales primarios que son reemplazados en varias fases por minerales secundarios o de alteración. Proponemos una intensificación en la exploración de recursos minerales en las áreas comprendidas por los intrusivos de la Super Unidad Torconta, porque contienen sistemas porfíricos (Cu-Au) de 80 Ma (e.g., Zafranal, Ishihuinca, Alto Quemado, Clavelinas). También en las áreas cartografiadas como rocas metamórficas, por ser buenos receptores de mineralización, además de hallarse numerosas vetas de oro asociadas a fallas del SFCLLI.

REFERENCIAS

- Acosta, H., Alván, A., Mamani, M., Oviedo, M. & Rodríguez J. (2011). Geología de los cuadrángulos de Pachia (36-v) y Palca (36-x). Boletín INGEMMET N° 139, Serie A: Carta Geológica Nacional, 98 p.
- Acosta, H., Rodríguez, J., Ccallo, W. & Cutipa, M. (2012). Actividad tectónica del sistema de Fallas Cincha-Lluta-Incapuquio (SFCLLI) durante el Cretácico y Paleógeno en el sur del Perú.
- Beckinsale, R., Sanchez, A., Brook, M., Cobbing, E., Taylor, W. & Moore, N. (1985). Rb-Sr whole-rock isochron and K-Ar age determinations for the Coastal Batholith of Perú. In Magmatism at a plate edge. The peruvian Andes. Edited by W. Pitcher, M. Atherton, E. Cobbing, R. Beckinsale. John Wiley and Sons Inc. New York. p 177-202.
- Decou, A., Von Eynatten, H., Mamani, M., Sempere, T. & Wörner, G. (2011). Cenozoic forearc basin sediments in Southern Peru (15–18°S) stratigraphic and heavy mineral constraints for Eocene to Miocene evolution of the Central Andes. *Journal of Sedimentary Geology* 237, 55–72p.
- Guizado, J. (1968). Geología del cuadrángulo de Aplao. (Hoja 33-r) Serv. Geol. Min. Boletín N° 20, 50 p.
- Mamani, M. y Rivera, F. (2011). Sistema de fallas Iquipi-Clavelinas: Zona de Transición Cortical e Implicancias para el emplazamiento de Depósitos minerales. VII Congreso Internacional de Exploradores, 10p.
- Schildgen, T., Ehlers, T., Whipp, D., C-Van Soest, Jr., Whipple, K. & Hodges, K. (2009). Quantifying canyon incision and Andean Plateau surface uplift, southwest Peru. A thermochronometer and numerical modeling approach, *J. Geophys. Res.*, 114, F04014, doi: 10.1029/2009JF001305.
- Stewart, J. (1968). Rocas intrusivas del cuadrángulo de La Joya: Servicio de Geología y Minería del Perú Boletín, N° 19, p. 43-78.
- Stewart, J., Evernden, J. & Snelling, N. (1974). Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. *Geological Society of America Bulletin*, 85: 1107-1116.
- Vargas, L. (1970) Geología del cuadrángulo de Arequipa. Inst. Geol. Min. Metal. Lima, Bol. N° 24 Serie A, 64 pp.