



Petrogénesis del Cretácico inferior y metamorfismo del Cretácico superior en el sur del Perú: la superunidad Torconta

Juan Rodríguez, Harmuth Acosta, Mirian Mamani, Moisés Cutipa, y Walter Ccallo

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

1. 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) se lo denomina como unidad de Tonalita Torconta. Los intrusivos de esta Superunidad 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 pertenece al Segmento Arequipa. Esta unidad se prolonga por las localidades de Vítor, Arequipa, y Omate. 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 presentan edades entre 147 Ma y 101 Ma (en zircons 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 y marrón (Fig. 1) corresponden a la Super-unidad Torconta. Esta

denominación es corroborada también por las dataciones radiométricas, mapeo geológico, mediciones estructurales, estudios petrográficos y geoquímica de elementos mayores y elementos traza (10 muestras).

2. Resultados

2.1. Dataciones actualizadas y mapeo geológico

En el trabajo de Schildgen et al. (2009), se reporta dataciones de 136 Ma y 137 Ma por el método Ar/Ar para granodioritas en el sector de Caravelí. Estudios anteriores (Pitcher et al., 1985; Beckinsale et al., 1985) asignaron intrusivos de esta zona a las super-unidades Incahuasi (granodioritas, tonalitas, dioritas) y Tiabaya (granodioritas, principalmente), del Cretácico superior

Los estudios de campo realizados por el sector de Iquipi-Caravelí 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 contienen 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 (SFLLI) e Iquipi (SFI), formando extensos cuerpos de forma tabular y con dirección preferencial NO-SE. Esta super-unidad en la zona de río Vítor intruye 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.

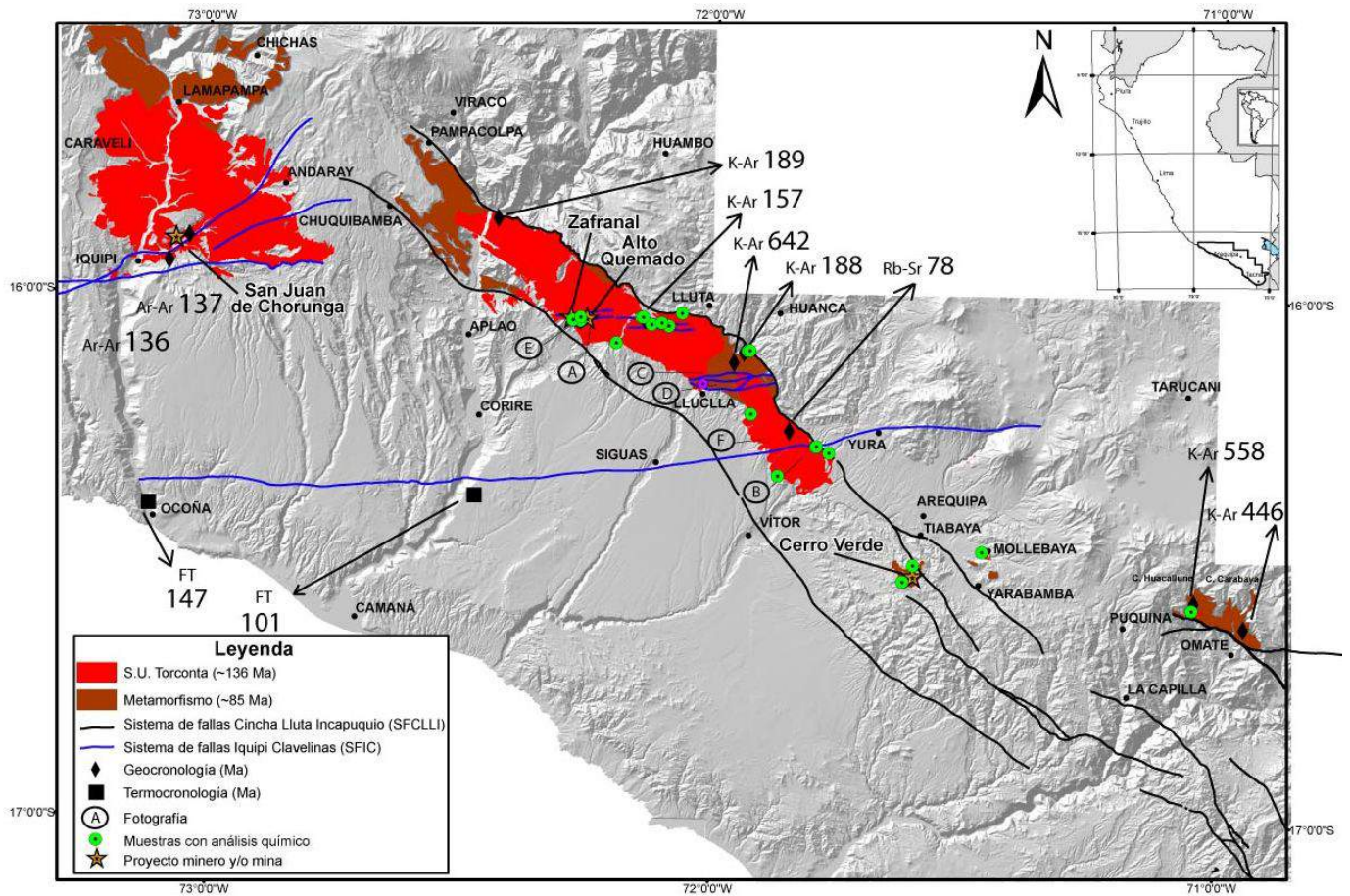


Figura 1. Afloramientos correspondientes a la Superunidad Torcontá y a las rocas metamórficas relacionadas a esta Superunidad. Se aprecia la estrecha relación con los sistemas de fallas Iquique (SFI) y Cincha-Lluta-Incapuquio (SFCLLI) que lo afectan.

2.2. Geología estructural y metamorfismo tectónico

El emplazamiento de rocas ígneas pertenecientes a la super-unidad Torcontá está relacionado a la actividad tectónica distensiva del SFCLLI. Durante el Cretácico inferior hubo una fuerte relación entre este sistema de fallas con el arco magmático Casma (145-105 Ma, Mamani et al., 2013, este volumen). Para esta época el SFCLLI se comportaba 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). Los afloramientos se encuentran restringidos al área de influencia de este sistema de fallas. Posteriormente, durante la inversión tectónica en ~85 Ma (Acosta et al., 2013), se exhumaron y metamorfizaron en sectores cercanos a los esfuerzos de las fallas principales.

2.2.2. Sub-sub-sección [rango 3]

En el sector de Lamapampa, en el 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 Torcontá. Las observaciones de campo manifiestan que efectivamente existen gneis y esquistos micáceos, pero estas rocas y texturas metamórficas estuvieron relacionadas a esfuerzos tectónicos. El metamorfismo es intenso sólo 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 tonalíticas. Una característica muy crucial para la identificación y asignación de estas rocas metamórficas a un proceso metamórfico local ligado a actividad tectónica es la presencia de zonas mineralizadas (vetas, mantos, pórfidos). Al sur del poblado de Iquique en el río Ocoña, se aprecia el verdadero contacto entre rocas pertenecientes al Basamento Metamórfico de Arequipa y a la super-unidad Torcontá. 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 las zonas de Zafranal, Alto Quemado, Siguas, Torcontá, entre Aplao y Arequipa, lugares 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 fue provocado por movimientos de fallas de tipo transpresivo que marcan el inicio de la inversión tectónica del SFCLLI y la formación de la Cordillera Occidental (Acosta et al., 2013). Las fallas

pertenecientes al SFI que coetáneamente se activaron con un movimiento transpresivo incrementaron 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 fueron 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 Sánchez (1983) reportó edades de 557 y 455 Ma por 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.

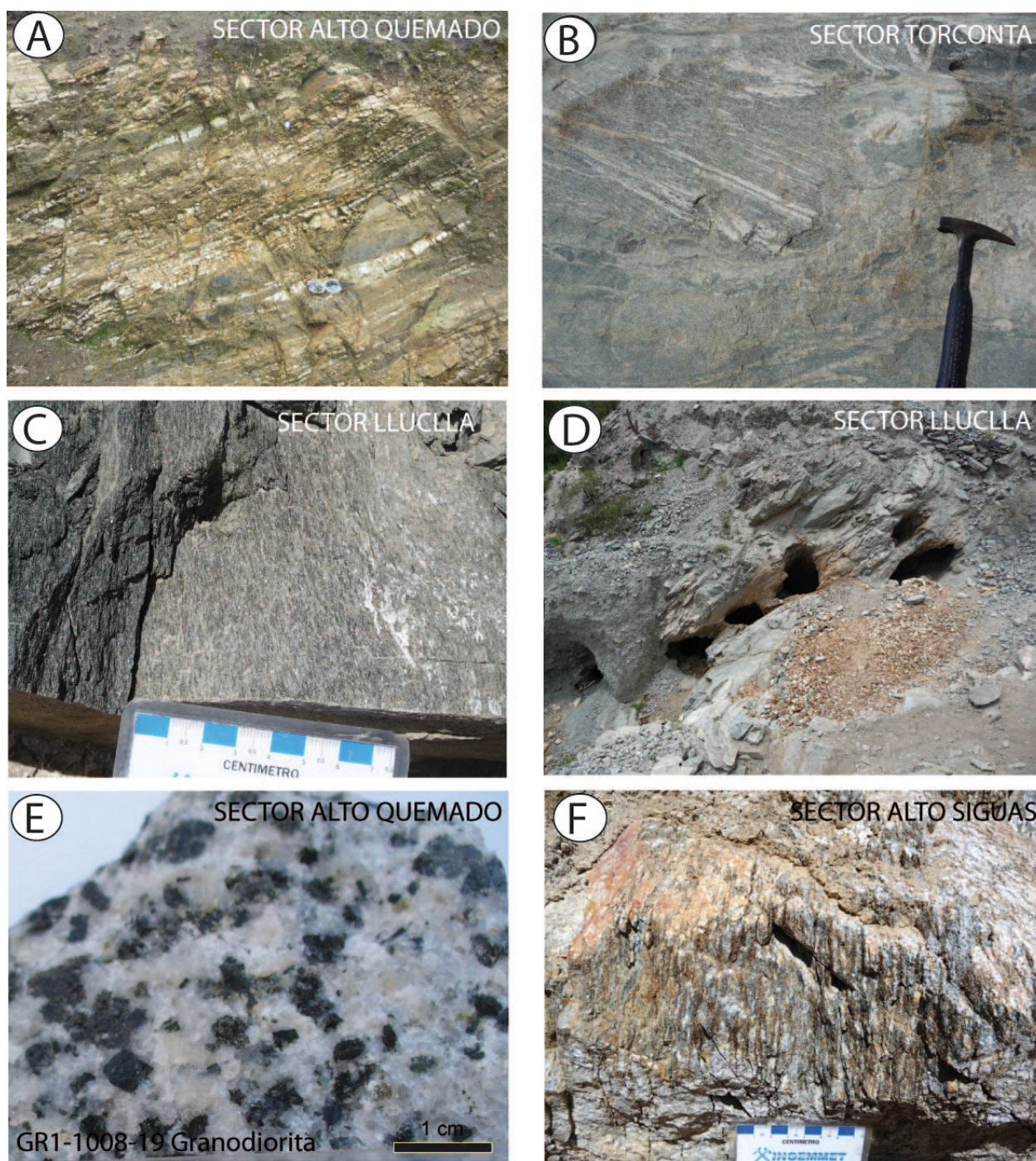


Figura 2. Fotografías mostrando a la Super Unidad Torconta y rocas metamórficas ligadas a ellas. A) Gneis bandeado con vetillas de cuarzo. B) Xenolitos de roca metamórfica mostrando la mezcla de magmas de la super-unidad Torconta en el Cerro Torconta. C) Esquistos de biotita en el valle del río Sigwas. D) Labores artesanales en vetas con cuarzo, óxidos de hierro, 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.

2.3. Geoquímica

Se utilizaron diagramas binarios de discriminación para 10 muestras con análisis de elementos mayores y/o elementos trazas (Fig. 3). En la Fig. 3A, las rocas intrusivas de la super-unidad Torconta tienen un contenido de SiO₂ alto (63 a 70 wt%). El contenido de álcalis Na₂O+K₂O es medio (4 a 7 wt%) y corresponde al campo de las granodioritas. En la Fig. 3B, se ilustra la subdivisión de rocas subalcalinas (Le Maitre et al., 1989) donde se aprecia que el contenido de K₂O es predominantemente

bajo (1 a 3 wt%) para las granodioritas del sector de Alto Quemado. Las granodioritas de la quebrada Huacán abarcan contenidos de K₂O bajos a medios (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 indica 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 normalizados al condrito (Fig. 3D) muestra una pendiente suave y con un empobrecimiento en Sm, Eu, Tb y Dy, y un enriquecimiento en Ce, Nd y Gd, para las granodioritas de la super-unidad Torconta.

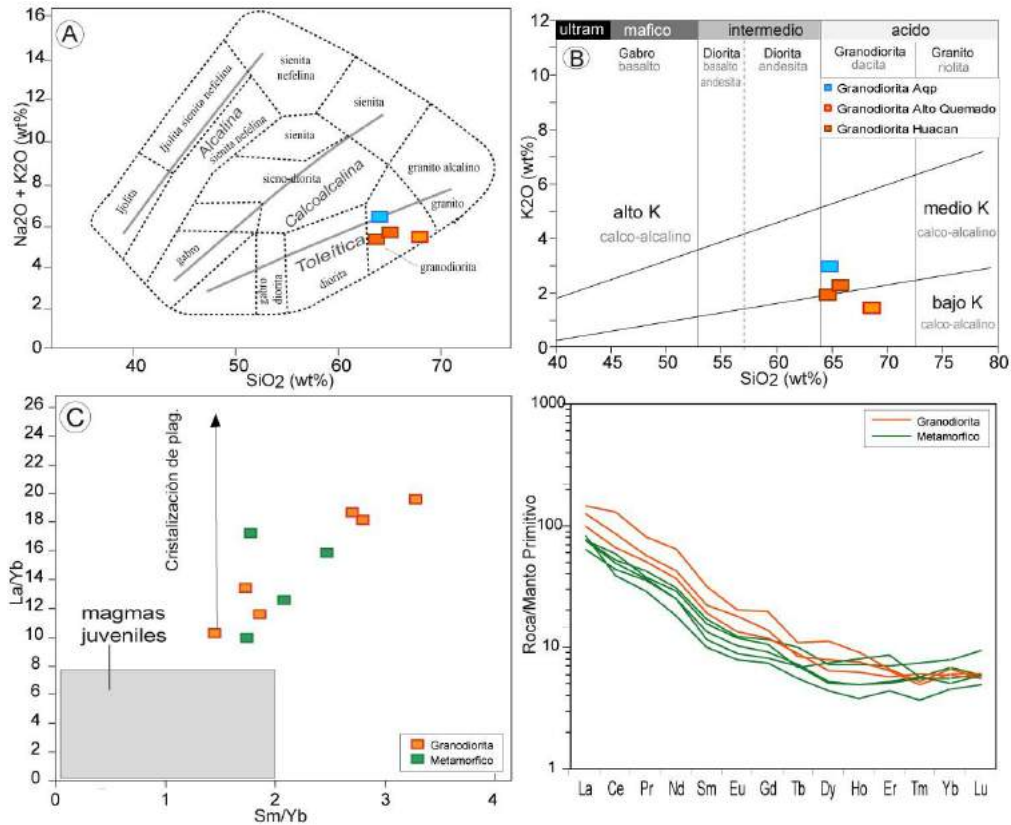


Figura 3. A) Clasificación y nomenclatura de rocas plutónicas (SiO₂ vs Na₂O+K₂O). B) Diagrama de subdivisión de rocas subalcalinas (SiO₂ vs K₂O). C) Razones de La/Yb vs Sm/Yb. D) Spider-diagrama utilizando los elementos de tierras raras (REE).

2.4. Petrografía

La muestra de granodiorita Ap/I-01-05 (Fig. 4) proviene de la Quebrada Huacán, al NE de Aplao (UTM (WGS 84) 805580N-8224250). Se trata de una roca intrusiva de textura granular. Se pueden apreciar cristales de plagioclasa (25%) de forma subhedral a anhedral. Los cristales de feldespato potásico (30%) presentan formas subhedralas, alterándose a sericita. Los minerales máficos están compuestos mayormente por anfíboles (15%); son cristales de forma anhedral y están alterados parcialmente a epidota. El cuarzo (20%) presenta una extinción ondulante, aparentemente por recrystalización, y se observa rellenando intersticios junto a los feldespatos potásicos.

4. Conclusiones

La super-unidad Torconta se emplazó durante el Cretácico inferior (~136 Ma), lo que 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 iniciaron su proceso de exhumación gracias a las nuevas condiciones de compresión que provocó la inversión tectónica del SFCLLI. Esta inversión tectónica asociada a la posterior actividad tectónica del SFI generó un metamorfismo de bajo grado. El metamorfismo se incrementó en zonas cercanas a fallas principales (Lamapampa, Zafranal, Siguas, Omate).

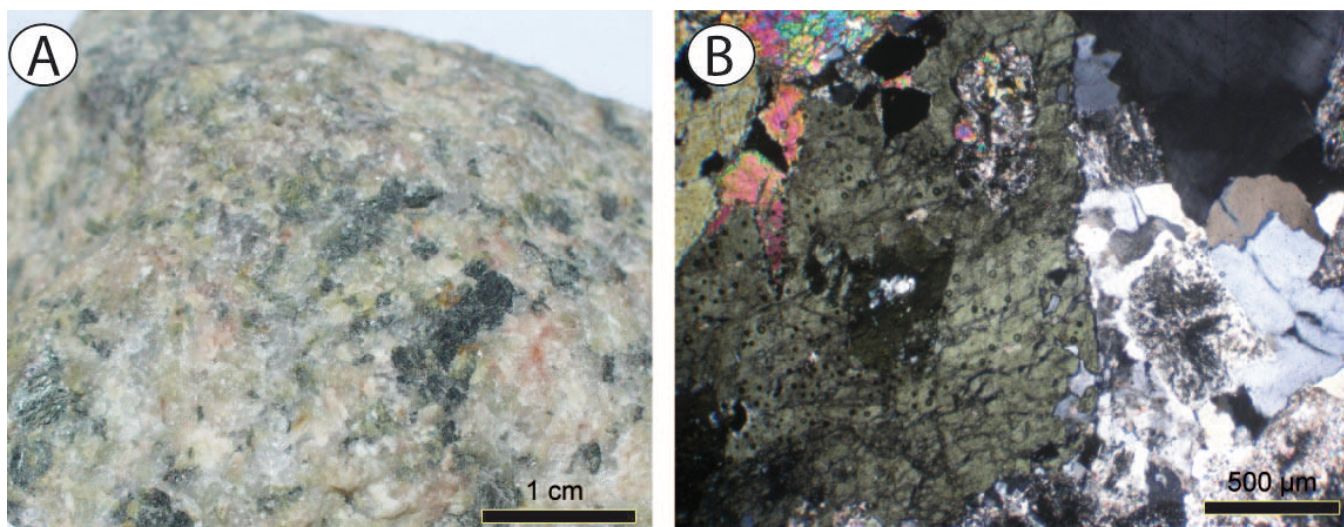


Figura 4. A) Muestra de mano de granodiorita (Ap/I-01-05). B) Microfotografía del microscopio de polarización y objetivo 4x, mostrando la sericitización y epidotización en granodioritas de la super-unidad Torconta.

Las muestras de elementos mayores indican series magmáticas de tipo toleítico y calco-alcalino, correspondiendo a magmas bimodales. Las tierras raras muestran un empobrecimiento en Sm, Eu, Tb y Dy asociado a magmas de diferente composición y probablemente relacionado 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). Carta Geológica Nacional, Boletín INGEMMET, serie A, v. 139, 98 p.
- 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 the Eocene to Miocene evolution of the Central Andes. *Journal of Sedimentary Geology*, v. 237, p. 55–72.
- Guizado, J. 1968. Geología del cuadrángulo de Aplao (hoja 33-r). Carta Geológica Nacional, Boletín del Serv. Geol. Min., v. 20, 50 p.
- Mamani, M., 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, 10 p.
- Mukasa, S., Tilton, G. 1985. Zircon U-Pb ages of super-units in the Coastal Batholith of Perú. In "Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes", W. Pitcher, M. Atherton, E. Cobbing, & R. Beckinsale (eds), Blackie Halsted Press, 328 p.
- Schildgen, T., Ehlers, T., Whipp, D., Van Soest Jr., C., Whipple, K., Hodges, K. 2009. Quantifying canyon incision and Andean Plateau surface uplift, southwest Peru. A thermochronometer and numerical modeling approach. *J. Geophys. Res.*, v. 114, F04014.
- Stewart, J. 1968. Rocas intrusivas del cuadrángulo de La Joya. Boletín del Servicio de Geología y Minería del Perú, v. 19, p. 43–78.
- Stewart, J., Evernden, J., Snelling, N. 1974. Age determinations from Andean Peru: A reconnaissance survey. *Geological Society of America Bulletin*, v. 85, p. 1107–1116.
- Vargas, L. 1970. Geología del cuadrángulo de Arequipa. Boletín del INGEMMET, Lima, serie A, v. 24, 64 p.