



## XVIII Congreso Peruano de Geología

# Proveniencia sedimentaria de las rocas detríticas del Grupo Yura (Jurásico-Cretáceo) en Tacna, basado en análisis de minerales pesados

Inés Trinidad<sup>1,2</sup>, Aldo Alván<sup>1</sup>, Elvis Sánchez<sup>1</sup> y Alexandra Benites<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dirección de Geología Regional. Av. Canadá N° 147, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Geología. Av. Daniel Alcides Carrión, Yanacancha, Pasco, Perú. (E-mail: ines\_trinidad\_a@hotmail.com)

### 1. Introducción

La proveniencia sedimentaria consiste en la definición litológica del origen de los sedimentos (Mange & Maurer, 1992). Este análisis es útil para establecer correlaciones estratigráficas, definir patrones de sedimentación y cuantificar eventos geodinámicos (Morton & Hallsworth, 1999). El estudio consiste en extraer los minerales pesados de las areniscas, estudiarlos petrográficamente y agrupar los minerales de acuerdo a sus características ópticas. Los minerales pesados se encuentran como minerales formadores de rocas o como minerales accesorios (<1%), y presentan una densidad mayor a 2.87 g/cm<sup>3</sup> (Mange & Wright, 2007). El análisis de los espectros de minerales pesados han servido como herramienta primordial en la determinación de la historia de sedimentación, en la definición del tiempo de exhumación de rocas fuente y de eventos geodinámicos en los Andes (por ejemplo, Bande et al., 2011; Wotzlaw et al., 2011; Decou et al., 2013; Alván et al., 2015).

Este resumen provee resultados preliminares de la procedencia de las rocas detríticas del Grupo Yura en Tacna (Jurásico medio-Cretáceo inferior), precisamente las que afloran en el cerro Chachacumane, entre los cuadrángulos de Pachía (36v) y Palca (36x) (Figura 1).

El objetivo es determinar la procedencia de las rocas detríticas del Grupo Yura en Tacna, mediante identificación y caracterización cualitativa y cuantitativa de los minerales pesados. Esta información nos servirá para definir la evolución tectónica y sedimentaria de la cuenca Arequipa, es decir, esclarecer los mecanismos geodinámicos que han dado origen a los complejos procesos orogénicos y sedimentarios en los Andes

Centrales (levantamiento/exhumación de bloques), en especial, en Tacna.

Como resultado se provee espectros de minerales pesados de las rocas detríticas del Grupo Yura (Jurásico medio-Cretáceo inferior) y de rocas generadoras de sedimentos que afloran en la zona de estudio, la cual consiste en distribuciones de abundancias de minerales representados porcentualmente. Además se sugiere otras fuentes de aporte que podrían brindar sedimentos al Grupo Yura.

Este estudio se enmarca en el Proyecto GR41A "Geología de la Cuenca Sedimentaria Peruana Occidental al Sur de 17°S" de la Dirección de Geología Regional del INGGEMMET) y en el Convenio 2016-2015 (FONDECYT-INGEMMET).

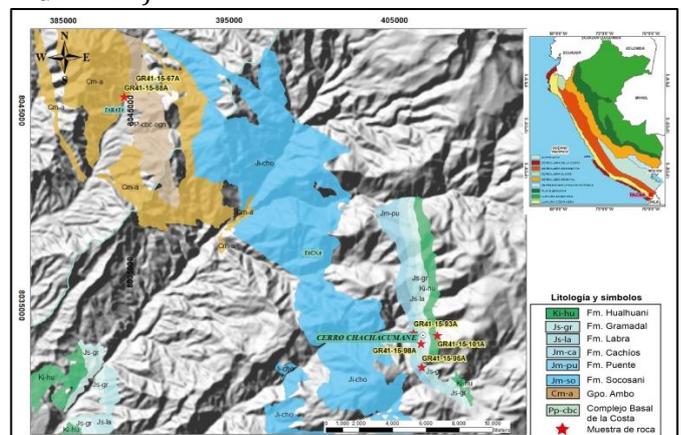


Figura 1. Ubicación de muestras de rocas de edad pre-Jurásico y Jurásico-Cretáceo, colectadas en el cerro Chachacumane, para extraer sus minerales pesados. Parte norte de la hoja 36x (Palca). Geología base por Monge & Cervantes (2000).

## 2. Contexto geológico de la Cuenca Arequipa en Tacna

El área de estudio se ubica en la zona de transición de los segmentos norte y medio de los Andes Centrales, según Sempere et al. (2002). Según Sempere (2000), esta área estaba sometida a una subducción de alto ángulo formando rift. Según este autor, tal rift está asociado al origen de una gran depresión irregular conocida como cuenca Arequipa.

La sedimentación en la cuenca Arequipa sucedió desde el Mesozoico (Vicente, 1989).

Este relleno sedimentario consiste en depósitos de variadas litologías compuestas de rocas volcánicas, volcano-sedimentarias y sedimentarias de edad ?Triásico, Jurásico y Cretáceo (Benavides, 1962). Los afloramientos de rocas generadoras de sedimentos o potenciales “roca Fuente” en Tacna están conformados por ortogneises del Macizo de Arequipa (Proterozoico, Loewy, 2004) y sucesiones de areniscas, limolitas y lutitas del Grupo Ambo (Paleozoico superior, Pino, 2004). La parte más basal del relleno sedimentario de la cuenca Arequipa consiste en rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de la Fm. Chocolate (?Triásico superior a Jurásico inferior; Acosta et al., 2011). Posteriormente se depositaron calizas de la Fm. Pelado y Fm. Socosani (Jurásico inferior y

Jurásico medio, respectivamente, Monge & Cervantes, 2000; Wilson & García, 1962). Encima de estas calizas yacen concordantemente sucesiones siliciclásticas y carbonatadas del Grupo Yura (Jurásico medio, superior y Cretáceo inferior, Vicente, 1989; Monge & Cervantes, 2000). El Grupo Yura se divide en las formaciones (i) Fm. Puente y/o Fm. Cachíos, (ii) Fm. Labra, (iii) Fm. Gramadal y (iv) Fm. Hualhuani. (Monge & Cervantes, 2000). Según Monge & Cervantes (2000), yace en inconformidad la Fm. Toquepala (~75-55 Ma, Mamani et al., 2010).

## 3. Resultados del análisis de minerales pesados

Se identificó petrográficamente, caracterizó y cuantificó las especies de minerales pesados observados en los sedimentos que conforman el Grupo Yura y también de las rocas generadoras de sedimentos (o potenciales “roca-fuente”, por ejemplo, Fm. Chocolate, Grupo Ambo y Macizo de Arequipa) utilizando el manual de Mange & Maurer (1992). En base al conteo de minerales pesados se realizó una tabla porcentual y posterior a ello, un diagrama de espectros de minerales pesados, tanto para las unidades del Grupo Yura (Figura 3) y para las rocas generadoras de sedimentos (Figura 2). En base a estos resultados se caracterizó cada unidad según su predominancia.

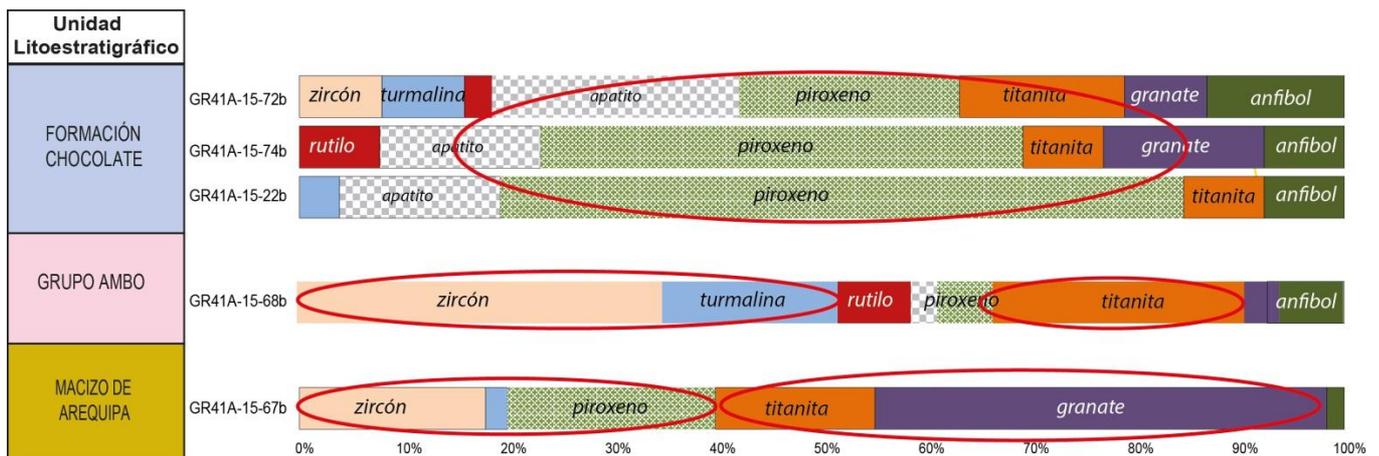


Figura 2. Diagrama de espectros de los ensambles de minerales pesados de las potenciales rocas fuente. Los círculos rojos indican los minerales pesados más abundantes.

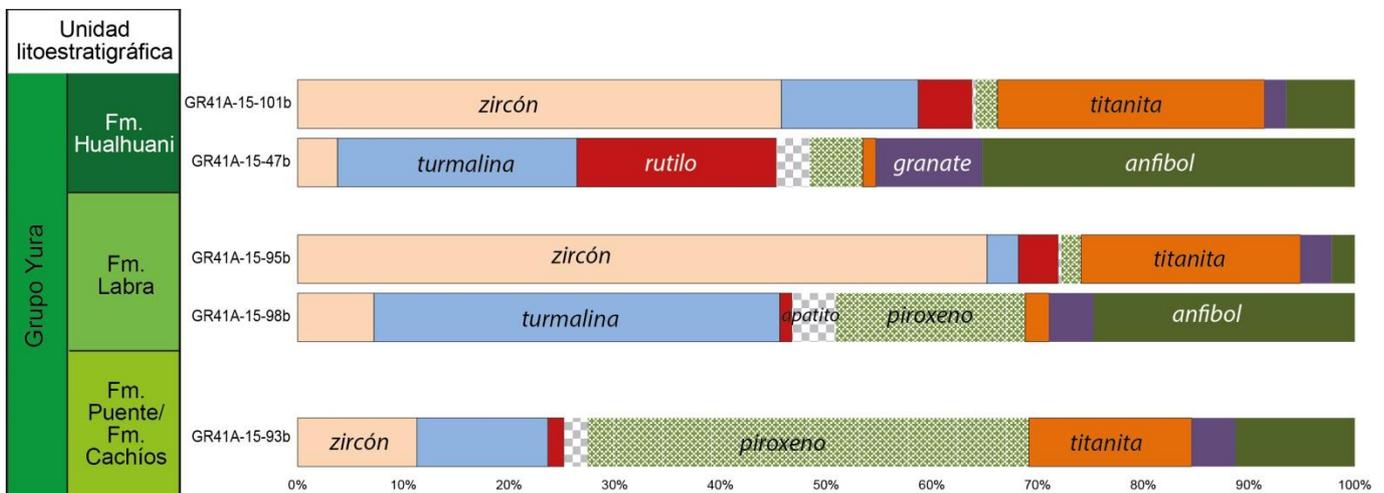


Figura 3. Espectros de minerales pesados de las formaciones Puente-Cachíos, Labra y Hualhuani (Grupo Yura, Jurásico-Cretáceo).

### 3. Interpretaciones

En este resumen se pone énfasis en la caracterización de los minerales pesados de las areniscas que conforman el Grupo Yura. Adicionalmente, se caracteriza las rocas generadoras de sedimentos (o potenciales “roca-fuente”, por ejemplo, Fm. Chocolate, Grupo Ambo y Macizo de

Arequipa) bajo el mismo criterio, con el afán de establecer (o descartar) posibles comparaciones composicionales y argumentar proveniencia de sedimentos. Tomando en consideración los datos del conteo porcentual y la representación gráfica en los espectros (Figura 2 y Figura 3), se propone un esquema preliminar de proveniencia del Grupo Yura (Figura 4).

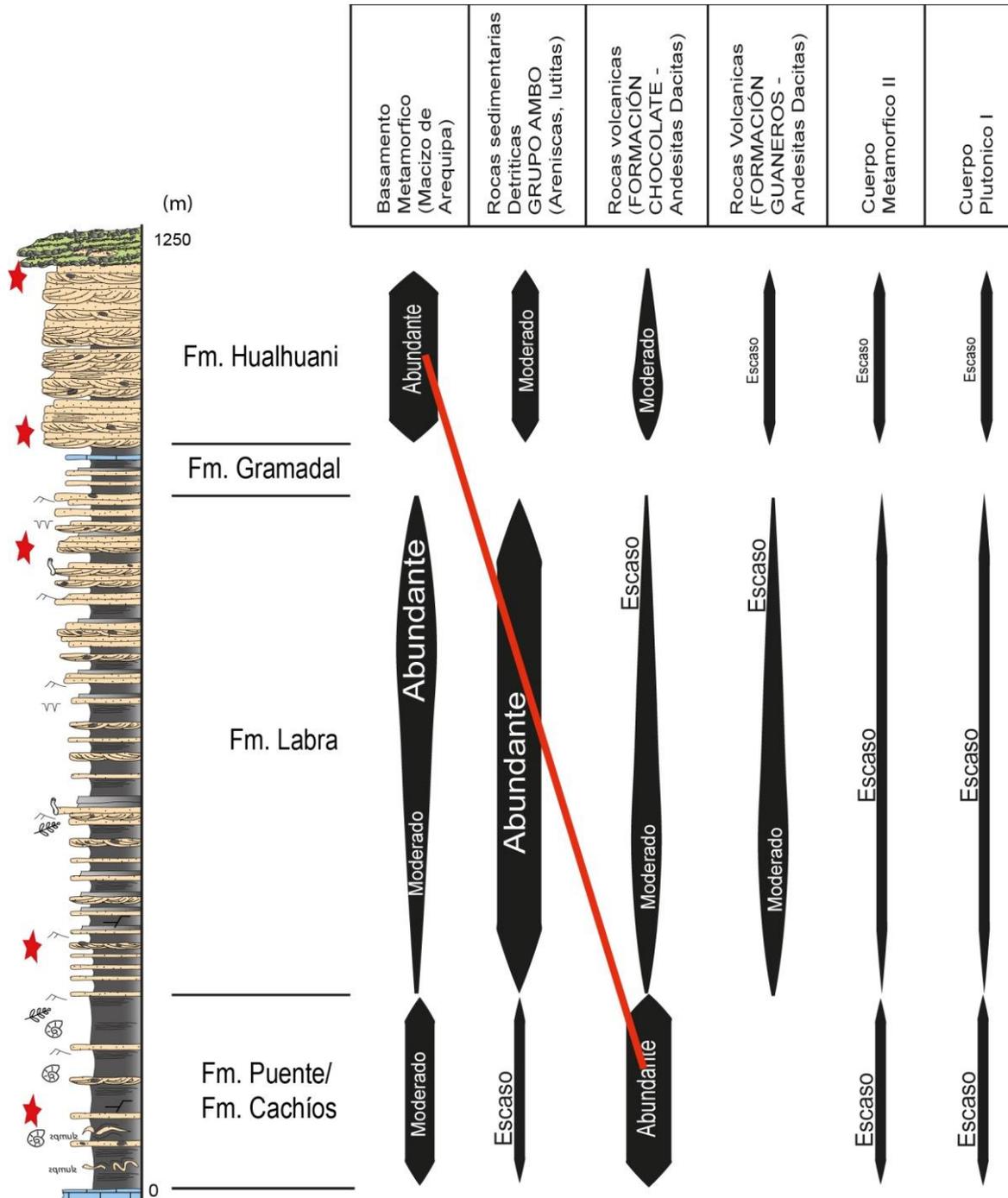


Figura 4. Modelo preliminar de la proveniencia de los sedimentos de la cuenca Arequipa basados en la asociación de minerales pesados. Las estrellas de color rojo indica la posición estratigráfica de las muestras colectadas. Nótese la línea roja indicando la variación de abundancia de sedimentos derivados de las potenciales “roca-fuente” (o roca generadora de sedimentos) desde los más “jóvenes” (dentro de la Fm. Puente) hasta los más “antiguos” (dentro de la Fm. Hualhuani). Los campos adicionales “Cuerpo Metamórfico I” y “Cuerpo Plutónico I” fueron sugeridos por poblaciones de minerales ligeros (Trinidad, En prep.).

#### 3.1. Proveniencia de la Fm. Puente y/o Fm. Cachíos.

La Fm. Puente (y/o Fm. Cachíos) (lutitas negras y areniscas), tuvo mayor aporte de sedimentos derivados de

rocas de la Fm. Chocolate, debido a la abundancia de anfíboles y piroxenos (Figura 2 y Figura 3). Presentan un aporte moderado de los minerales similares al Macizo de Arequipa. De igual manera, es posible que haya habido

aportes menor de un “cuerpo plutónico” (aún sin determinar y datar) y de un “Cuerpo Metamórfico” (Cratón Amazónico?) (Figura 4).

### 3.2. Proveniencia de la Fm. Labra.

La Formación Labra consiste en areniscas y lutitas negras. Se tiene que los sedimentos que conforman la base de la Fm. Labra provienen posiblemente del Grupo Ambo (reciclamiento de sedimentos) debido a la similitud de sus minerales accesorios (turmalinas y anfíboles, Figura 2 y Figura 3) y en cantidad subordinada de las formaciones Chocolate y ?Guaneros. En el nivel superior de la Fm. Labra, se observa predominancia de sedimentos derivados del Macizo de Arequipa (i.e. granates, zircones y titanita, Figura 2 y Figura 3) y del Grupo Ambo (titanitas, Figura 2 y Figura 3), mientras que la Fm. Chocolate y Fm. Guaneros (?) aportaron con muy baja proporción de sedimentos (Figura 4). Estos resultados nos sugieren que durante la sedimentación de la Fm. Labra, el Macizo de Arequipa y el Grupo Ambo se encontraban exhumados y se denudaban.

### 3.3. Proveniencia de la Fm. Hualhuani.

La base de la Fm. Hualhuani (areniscas cuarzosas) contiene minerales muy similares a los observados en el Grupo Ambo, debido a la abundancia de turmalinas, rutilo y anfíboles (Figura 2 y Figura 3). En proporciones subordinadas de sedimentos de la Fm. Chocolate y Fm. Guaneros. Similarmente, en la parte superior de la Fm. Hualhuani se observa mayor aporte de sedimentos procedentes del Macizo de Arequipa (zircón y titanita, Figura 2 y Figura 3) y una parte subordinada de sedimentos similares a los observados del Grupo Ambo, mientras que aportes de la Fm. Chocolate son muy escasos. Cabe la posibilidad que los sedimentos del Grupo Ambo también sean recicladas (cuarzoarenitas) y

procedan de rocas aún más antiguas (por ejemplo, Proterozoico).

En complemento, debido a que en muestras del Grupo Yura se ha identificado minerales que no guardan relación con los descritos como roca-fuente, se cuenta con análisis composicional (QFL) de preliminarmente 10 muestras de secciones delgadas (cf. Trinidad, En prep.), los cuales permitió considerado preliminarmente un “Cuerpo Metamórfico II” y un “Cuerpo Plutónico I” (aún sin diferenciar).

## 4. Conclusiones

La denudación de rocas de la Fm. Chocolate sirvió como principal aporte para la generación de areniscas de la Fm. Puente y/o Fm. Cachíos. Se tuvo como fuente moderada de producción de sedimentos al Basamento de Arequipa. La Fm. Labra tuvo como principal fuente a las rocas del Grupo Ambo, sin embargo, cabe la posibilidad que las areniscas del Grupo Ambo sean derivados de un cuerpo metamórfico (?Cratón de Amazonas) o de un cuerpo metamórfico pre-Paleozoico (?). Las areniscas de la Fm. Hualhuani derivaron principalmente de rocas metamórficas similares al Basamento de Arequipa (Figura 5). Adicionales roca fuente se podrán definir cuándo se tenga datos geocronológicos y resultados de análisis litogeoquímicos realizados en estas areniscas.

La caracterización mineralógica de cada unidad del Grupo Yura es un aporte fundamental para establecer argumentos para correlaciones estratigráficas en el caso de unidades con ausencia de contenido fósil. Este procedimiento puede aplicarse para afloramientos que se encuentran aislados o reducidos, por ejemplo en Tarata, Calientes, La Yarada, etc. Esta información puede ser fortalecida con datos composicionales en minerales ligeros (QFL) y métodos analíticos adicionales, con el fin de ayudar en la definición de un cuadro cronoestratigráfico y en la cartografía geológica nacional.

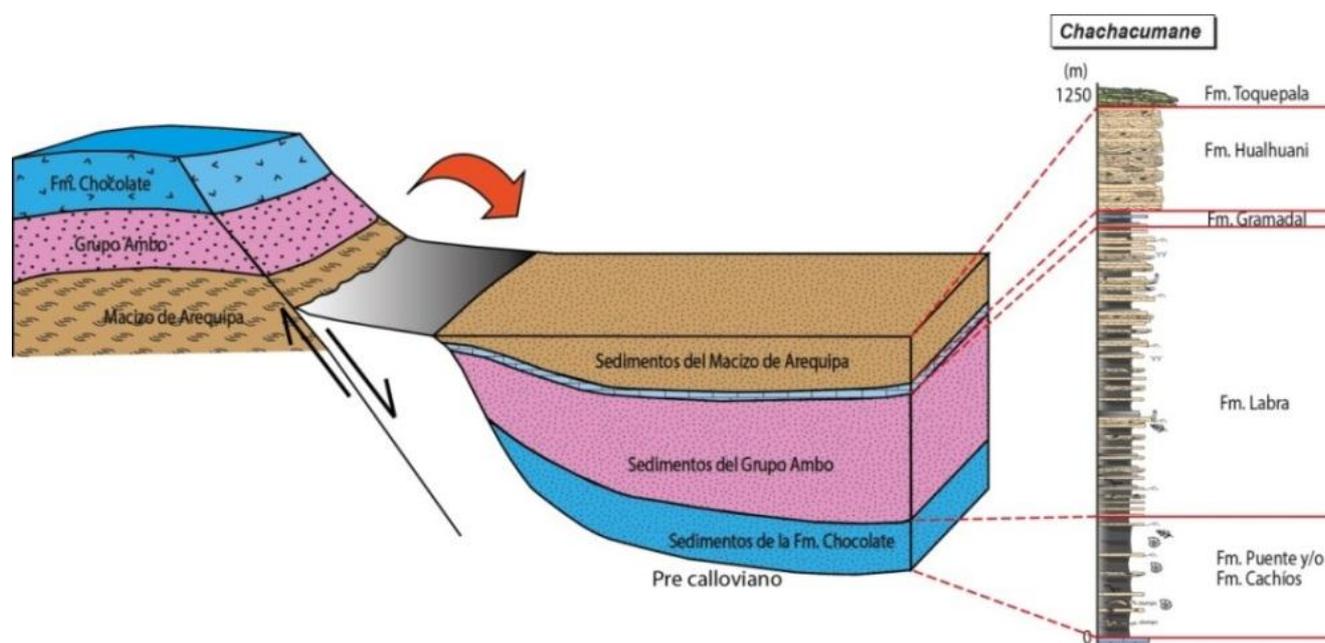


Figura 5. Modelo simplificado de proveniencia sedimentaria de la Cuenca Arequipa en Tacna (18°S).

## Agradecimientos

Los autores agradecemos al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dirección de Geología Regional (Proyecto GR41A), y al FONDECYT, Perú (Convenio N° 2016-2015 entre FONDECYT e INGENMET) por el financiamiento.

## Referencias

- Acosta, H., Mamani, M., Alván, A., Oviedo, M., Rodríguez, J., 2011. Geología de los cuadrángulos de Pachía (36-v) y Palca (36-x), escala 1:50,000. INGENMET, Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional No. 139, 100 p.
- Alván, A., 2015. Geodynamic significance of the Cenozoic deposits in the southern Peruvian forearc (16°25'S to 17°15'S): constraints by facies analysis and sediment provenance. PhD Tesis, Universidad de Göttingen, 120 p.
- Bande, A., Horton, B., Ramírez, J., Mora, A., Parra, M., Stockli, D., 2011. Clastic deposition, provenance, and sequence of Andean thrusting in the frontal Eastern Cordillera and Llanos foreland basin of Colombia Geological Society of America Bulletin 124, 59-76.
- Benavides, V., 1962. Estratigrafía Pre-terciaria de la región de Arequipa. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, II Congreso Nacional de Geología (Tomo 38), p. 5-63.
- Decou, A., von Eynatten, H., Dunkl, I., Frei, D., Wörner, G., 2013. Late Eocene to Early Miocene Andean uplift inferred from detrital zircon fission track and U-Pb dating of Cenozoic forearc sediments (15-18°S) Journal of South American Earth Sciences, 45, p. 6-23.
- Lowey, S., Connelly, J. & Dalziel, I. (2004). An orphaned basement block: The Arequipa-Antofalla basement of the Central Andean margin of South America. Geological Society of America Bulletin, v. 116, p. 171-187.
- Mamani, M., Wörner, G., Sempere, T., 2010. Geochemical variation in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. Geological Society of America Bulletin, 122 (1-2), p. 162-182.
- Mange, M., Maurer, M., 1992. *Minerales Pesados en Color*. Chapman & Hall London New York-Tokyo-Melbourne-Madras.
- Mange, M.A., Wright, D.T., 2007. Heavy Minerals in Use. *Developments in Sedimentology*, v. 58. Elsevier, Amsterdam, 1283 pp.
- Monge, R., Cervantes, J., 2000. Memoria explicativa de la geología del cuadrángulo de Pachía (36v) y Palca (36x). Dirección de Geología Regional del INGENMET, Lima, Perú, 11 p.
- Morton, A., Hallsworth, C., 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sediment. Geol.* 124, 3e29.
- Pino, A., Sempere, T., Jacay, J., Fornari, M., 2004. Estratigrafía, paleogeografía y paleotectónica del intervalo Paleozoico superior – Cretáceo inferior en el área de Mal Paso – Palca (Tacna). En: Jacay, J., Sempere, T., (Eds.), *Nuevas contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del sur del Perú*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial No. 5, p. 15-44.
- Sempere, T., 2000. Discussion of "Sediment accumulation on top of the Andean orogenic wedge: Oligocene to late Miocene basins of the eastern Cordillera, southern Bolivia". *Geol. Society of America Bulletin*, vol. 112.
- Sempere, T., Carlier, G., Soler, P., Fornari, M., Carlotto, V., Jacay, J., Arispe, O., Neraudeau, D., Cardenas, J., Rosas, S., Jimenez, N., 2002. Late Permian–Middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and Bolivia, and its bearing on Andean-age tectonics. *Elsevier, Tectonophysics*, v. 345.
- Trinidad, I., En preparación. *Procedencia sedimentaria del Mesozoico de Tacna*. Tesis de Bachiller, Universidad Nacional Alcides Carrión, Perú.
- Vicente, J., 1989. Early late Cretaceous overthrusting in the Western Cordillera of Peru. En: G.E. Ericksen, MT. Cañas Pinochet and J.A. Reinemund (Editors), *Geology of the Andes and its Relations to Energy and Mineral Resources*. Circumpac. Counc. Energy Miner. Resour. Earth Sci. Ser., 11, p. 91- 117.
- Wilson, J., García, W., 1962. Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín No. 4, 81 p.
- Wotzlaw, J.F., Decou, A., von Eynatten, H., Wörner, G., Frei, D., 2011. Jurassic to Paleogene tectono-magmatic evolution of northern Chile and adjacent Bolivia from detrital zircon U-Pb geochronology and heavy mineral provenance. *Terra Nova* 00, p. 1-8.