



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Arquitectura y evolución del Sistema de Fallas Incapuquio en el sector de Palca – Tacna. Implicancia en la exploración de depósitos minerales

Rildo Rodríguez¹ & Ivan Becerra

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. INGEMMET, Av. Canadá 1470 – San Borja, Lima, Perú. (rrodriguez@ingemmet.gob.pe)

RESUMEN

El sistema de fallas Incapuquio es una megae-structura de dirección NO-SE ubicada en el sur del Perú cuya actividad tectónica ha controlado el borde oriental de la cuenca Moquegua. Las fallas que conforman el sistema de fallas tienen distinta dirección, principalmente NO-SE y N-S, las cuales fueron originadas en distintos tiempos, pero solamente las fallas NO-SE se reactivaron en distintos periodos. En el Cretácico superior – Paleoceno la deformación estuvo controlada por fallas y anticlinales de dirección N-S por donde se emplazó el Batolito de la Costa. Posteriormente, en el Mioceno, las fallas de dirección NO – SE tuvieron mayor actividad y en zonas transtensivas se emplazaron depósitos auríferos.

ABSTRACT

The Incapuquio fault system is a NO-SE mega-structure located in southern Peru whose tectonic activity has controlled the eastern border of the Moquegua basin. The faults of the Incapuquio fault system have a different direction, mainly NW – SE and N-S, but only NO-SE faults were reactivated in different periods. In the Upper Cretaceous - Paleocene the deformation was controlled by N – S faults and anticlines where the batholith of the Coast was intruded. Later, in the Miocene, the NO - SE faults were more active and gold deposits were emplaced in transtension zones.

Palabras clave: Incapuquio, Palca, controles de mineralización.

INTRODUCCIÓN

La falla Incapuquio es un corredor estructural de dirección N 125° que se extiende desde Tacna hasta Arequipa donde toma el nombre de Cincha Lluta. Durante el Jurásico-Cretácico, tuvo movimiento normal y controló la configuración de horts y grabenes donde se depositó el Grupo Yura (Acosta et al., 2010). Posteriormente, desde el Cretácico superior – Paleoceno tuvo movimiento inverso, permitiendo el emplazamiento de pórfidos de Cu-Mo (Acosta et al., 2010) y durante el Cenozoico tuvo movimientos transcurrentes con zonas de transpresión y transtensión (Jacay et al., 2002) en donde se emplazaron depósitos auríferos.

El presente estudio se basa en el cartografiado geológico y la observación directa de planos de falla para determinar su movimiento y luego realizar una correlación entre estas con el fin de determinar una cronología de movimientos y la evolución estructural del borde este de la Cordillera Occidental a lo largo de la transecta Calientes – Palca – Copapuquio de 30 km de longitud.

MARCO GEOLÓGICO

En Palca, afloran las formaciones Chocolate (Sinemuriano), Pelado y Socosani (Bajociano); así mismo, el Grupo Yura (Jurásico medio – superior) y la Formación Hualhuani del Cretácico inferior (Albán, 2018). Estas unidades litológicas están plegadas e intruidas por el batolito de la Costa (Cretácico superior – Paleoceno). Sobre las unidades mencionadas, en discordancia angular, se encuentran las formaciones Moquegua (Eoce-

no – Oligoceno) y Huaylillas (Mioceno).

El sistema de fallas Incapuquio en la zona de estudio está compuesto por las fallas Copapuquio (denominada Incapuquio por Wilson, 1962) y Vila Vila, las cuales afectan a la Formación Chocolate y la pueden poner en contacto con la Formación Socosani o sobre la Formación Huaylillas. Por otra parte, en el sector occidental, la falla Calien-

tes no presenta una traza definida y se infiere que esté cubierta por los sedimentos de la Formación Moquegua (Fig. 1).

Las fallas principales definen tres bloques estructurales: el sector Nororiental al noreste de la falla Copapuquio, el sector central entre las fallas Copapuquio y Calientes y el sector suroccidental al suroeste de la falla Calientes (Fig. 1).

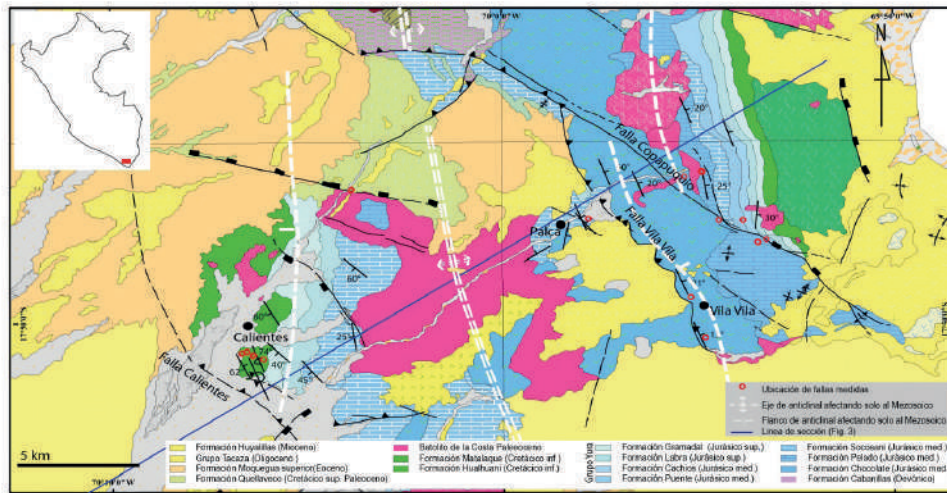


Figura 1: Ubicación y Mapa Geológico del sistema de fallas Incapuquio en el sector de Palca. Las líneas blancas corresponden a interpretaciones de un anticlinal cubierto por depósitos Cenozoicos.

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL SISTEMAS DE FALLAS INCAPUQUIO

Las fallas del sistema de fallas Incapuquio muestran diversos comportamientos cinemático, de acuerdo a la distribución de afloramientos se han agrupado en tres sectores.

En el sector de Calientes (Fig. 1), la Formación Hualhuani tiene cerca de 400 m de espesor casi el doble de lo que normalmente presenta (Alván, 2018). Los planos de estratificación tienen rumbo N 340° con buzamiento mayor a 60° NE y presentan estrías con pitch de alto ángulo entre 60° NO y 60° SE. A medida que los estratos se encuentran al oeste, las estrías indican que el estrato superior se deslizó sobre el estrato inferior, pero cuando los estratos están más al este las estrías indican que el estrato superior se deslizó hacia abajo con respecto al estrato inferior; lo cual demuestra que existe un pliegue tumbado al oeste que afecta a la Formación Hualhuani (Figs. 1 y 2a) y corresponde al frente de una falla inversa. Así mismo, en este sector se encuentran fallas menores de dirección NE-SO con movimiento normal, perpendiculares a la dirección de los estratos y por ende a la dirección del eje del sinclinal tumbado. En ese sentido, estas fallas fueron tensionales al momento plegamiento

de la Formación Hualhuani (Fig. 2a).

En el sector Vila Vila-Palca. Al noreste de Palca, la falla Vila Vila pone a la Formación Chocolate sobre la Formaciones Socosani; en este lugar, se encuentran fallas que afectan a la Formación Socosani. Estas tienen rumbo promedio N 300° con 40° a 50° NE de buzamiento y estrías de falla con pitch entre 40° a 80° SE. Los indicadores cinemáticos indican movimiento inverso sinistral. Por otra parte, en los alrededores de Vila Vila, la falla del mismo nombre puso a la Formación Chocolate sobre la Formación Huaylillas. En este sector, se encuentran fallas inversas dextrales con rumbo N 350° a 360° con 50° y 85° E de buzamiento y estrías con pitch entre 41° y 16° N.

En el sector de Copapuquio. La falla Copapuquio pone en contacto a la Formación Socosani con el Grupo Yura. Esta falla tiene una dirección aproximada N 320° con buzamiento subvertical. En este sector se encuentran fallas menores sinestrales de dirección N 120° con 70° SO de buzamiento y un pitch de 10° NO. Por otra parte, existen otras fallas dextrales de dirección casi N-S con buzamiento subvertical con tendencia al oeste y un pitch subhorizontal menor a 10° N.

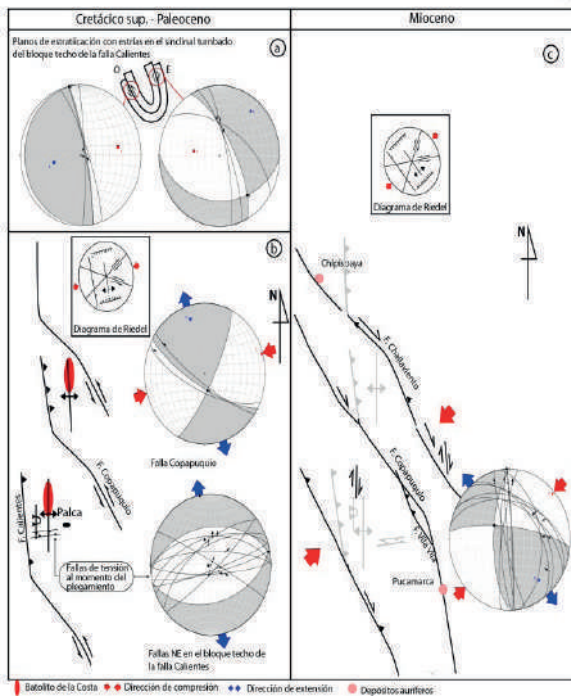


Figura 2: Esquemas estructurales para el sistema de fallas Incapuquio. Líneas grises son fallas que no estuvieron activas en el Mioceno.

MODELO ESTRUCTURAL EN ESPACIO Y TIEMPO

El modelo estructural visto en la figura 3, muestra a primera impresión una forma de media flor positiva hacia el suroeste la cual difiere de la propuesta por Vicente (1990). Sin embargo, la cinemática de las fallas evidencia que se trata de otro tipo de arquitectura que tuvo lugar en diferentes eventos cinemáticos.

Compresión E – O (Cretácico superior – Paleoceno) La dirección del eje del sinclinal tumbado de Calientes (N 350°) indica que hubo una compresión perpendicular casi E – O (aproximadamente N 80° E), la cual coincide con el movimiento sinistral de la falla Copapuquio (Fig. 2b). Esta dirección de compresión es coetánea con una extensión N – S (aproximadamente N 350°), la cual originó fallas normales (tensionales) de dirección NEE – SOO perpendiculares a la dirección del sinclinal tumbado de Calientes (Fig. 2b).

En el mapa geológico (Fig. 1) se observa un gran anticlinal N – S paralelo al sinclinal tumbado de calientes. Esta estructura afectó solamente a las unidades mesozoicas y fue erosionada antes de la sedimentación de las formaciones Moquegua y Huaylillas. En ese sentido, la edad de este evento

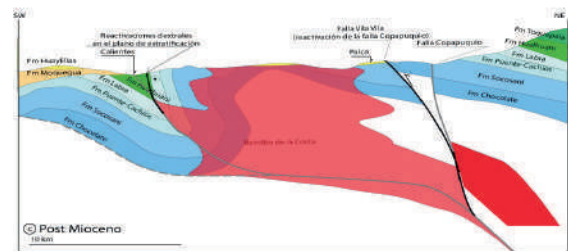
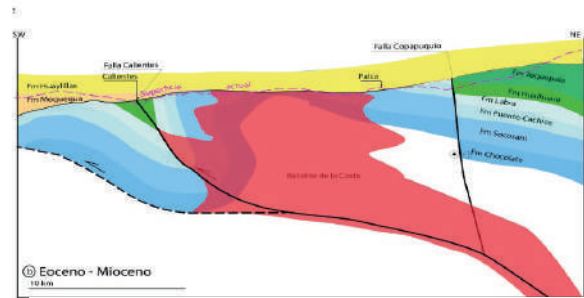
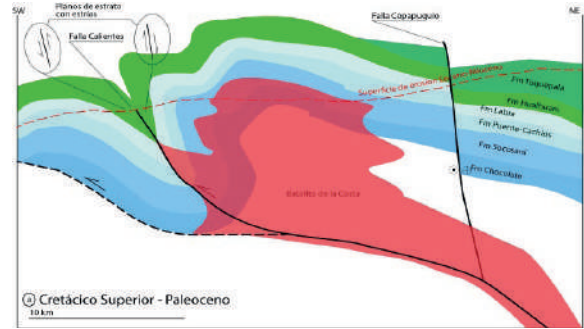


Figura 3: Evolución del sistema de fallas Incapuquio en Palca. Líneas grises son fallas que no estuvieron activas en el Mioceno.

es del Cretácico superior – Paleoceno y es coetánea con la intrusión del Batolito de la Costa en el medio del núcleo del gran anticlinal tumbado al oeste (Fig. 3a).

Sedimentación de la Formación Moquegua (Eoceno – Oligoceno) Luego de la erosión de las unidades mesozoicas y el emplazamiento del batolito de la Costa, se sedimentaron las sucesiones detríticas de la Formación Moquegua, la cual se bisela sobre las unidades mesozoicas formando *onlap* (Fig. 3b). En ese sentido, el borde oriental de la cuenca Moquegua fue una estructura compresiva.

Emplazamiento de la Formación Huaylillas (Mioceno) Las tobas de la Formación Huaylillas se emplazaron cubriendo toda el área de estudio indistintamente sobre cualquier unidad litológica (Fig. 3b) y fue erosionadas posteriormente a fines del Mioceno.

Compresión NE – SO (Mioceno) A lo largo de la fallas Vila Vila y Copapuquio se encuentran fallas con distinta dirección y movimiento provocado por un vector de compresión NE-SO (Fig. 2c). En la falla Vila Vila, se encuentran falla inversas con componente dextral de dirección NO – SE y en la falla Copapuquio se encuentran fallas dextrales de dirección N – S. Así mismo, en el sector de Calientes se existen fallas dextrales de dirección N-S, paralelas a los estratos de la Formación Hualhuani.

La falla Vila Vila pone en contacto a la Formación Chocolate sobre la Formación Huaylillas lo cual evidencia que este evento tuvo lugar a finales del Mioceno o en épocas más recientes y corresponde a la reactivación con de la falla Copapuquio (Figs. 2c y 3c). Es decir que en este tiempo se ha generado una reactivación de las fallas de dirección NO-SE volviéndose inversas.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Las fallas regionales del Sur del Perú tienen dirección NO-SE siguiendo la dirección de los Andes. Los pliegues de dirección N-S tumbados al oeste son producto de un régimen compresivo en la dirección E-O, la cual también originó un sistema de fallas inversas convergentes al oeste. A través de estas fallas y en los núcleos de anticlinales se emplazó en Batolito de la Costa y en otras regiones los pórfidos de cobre molibdeno como Toquepala, Cuajone y Quellaveco. Estas fallas y pliegues fueron cubiertos por las formaciones Quellaveco, Moquegua y Huaylillas, lo cual indica que la edad de esta deformación es Cretácico superior –Paleoceno. Sin embargo, la Formación Quellaveco ubicada al norte de la transecta estudiada (Fig. 1) no está datada y podría ser parte de la Formación Moquegua, lo cual indicaría que el evento compresivo E-O se extendió hasta el Eoceno.

Las rocas de la parte inferior de la Formación Moquegua fueron giradas en por lo menos 30° de manera antihoraria (Roperch et al., 2002) y sumando con parámetros de fricción en modelos analógicos (Benavente et al., 2010) sugieren que la dirección de compresión E-O definida en este estudio no es la dirección original.

En general el sistema de fallas Incaquiuo en el sector de Palca está conformado por fallas de dirección N-S y NO-SE, las primeras fueron rampas frontales y las segundas rampas laterales de un sistema compresivo E – O durante el Cretácico superior – Paleoceno (Fig. 2a). Luego en el Mioceno

las fallas NO-SE se reactivaron con un movimiento inverso con componente dextral. En la proyección al sur de la falla Copapuquio se encuentra la mina aurífera Pucamarca, cuya mineralización se emplazó en una zona transtensiva de dicha falla. Por otra parte, la falla Challaviento (ubicada al norte de la zona de estudio) es paralela a la falla Copapuquio y en su proyección al noroeste se emplazó la mineralización del proyecto Chipispaya (Fig. 2b).

En Conclusión, el batolito de la Costa relacionado a pórfidos de Cu-Mo se emplazado a través de fallas inversas de dirección N – S en el núcleo de anticlinales y los depósitos HS de oro se han emplazado a través de fallas NO – SE en zonas de transtensión.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, H.; Alván, A.; Oviedo, M.; Rodríguez, J. (2010) Actividad tectónica del sistema de fallas Cincha-Lluta Incaquiuo durante la evolución de la Cuenca Arequipa en el Jurásico. Congreso Peruano de Geología, 15. Resúmenes extendidos. p. 742-745.

Alván, A.; Jacay, J.; Caracciolo, L.; Sánchez, E. & Trinidad, I. (2018) Sedimentary facies analysis of the Mesozoic clastic rocks in Southern Peru (Tacna, 18°S): Towards a paleoenvironmental Redefinition and stratigraphic Reorganization. *Journal of South American Earth Sciences*, 84, 399-421.

Benavente, C.; Audin L.; Cerpa, L.; Guerrero, N.; Regard, V. & Martinod, J. (2010). Deformación Cenozoica en el Antearco del Oroclino Boliviano: Nuevas ideas a partir de modelos analógicos. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.

Jacay, J.; Sempere, T.; Husson, L.; Pino, Z. (2002) Características estructurales del sistema de fallas Incaquiuo. Congreso Peruano de Geología, 11, p. 29.

Roperch P.; Sempéré T.; Macedo O.; Arriagada C.; Fornari M.; Tapia C.; Garcia M.; Laj C. (2006). Counterclockwise rotation of late Eocene-Oligocene fore-arc deposits in southern Peru and its significance for oroclinal bending in the central Andes. *Tectonics*, 25 (3).

Vicente, J. (1990). Early late Cretaceous overthrusting in the Western Cordillera of Southern Peru. *Earth Science Series*, 11, 91-117.