

## EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA DE LA CUENCA PLEISTOCENA COLCA, CORDILLERA OCCIDENTAL-SUR DEL PERÚ.

Carlos Benavente<sup>1</sup>, Lionel Fidel<sup>1</sup> y Fabrizio Delgado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima-Perú.  
Email: cbenavente@ingemmet.gop.pe

### INTRODUCCIÓN

El área de estudio se ubica en la parte central de la cuenca del río Colca entre las localidades de Tuti y Cabanaconde (Fig. 1), poblados que forman parte de la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

El río Colca presenta variaciones en su dirección de recorrido, siendo de NE a SO en la cabecera de la cuenca, luego cambia a E-O (parte central) y finalmente desemboca hacia la costa pacífica con una dirección aproximadamente N-S. La parte central es donde el valle del río Colca se hace más amplio, generando una cuenca en forma elongada (Fig. 1), forma que fue modelada por una dinámica activa asociada a glaciaciones, desglaciaciones, actividad volcánica y sísmica relacionada a reactivaciones de fallas. Estos procesos acondicionaron el valle para las formaciones de dos lagos que dejaron su registro en la estratigrafía del valle del Colca, registro que describiremos a continuación.

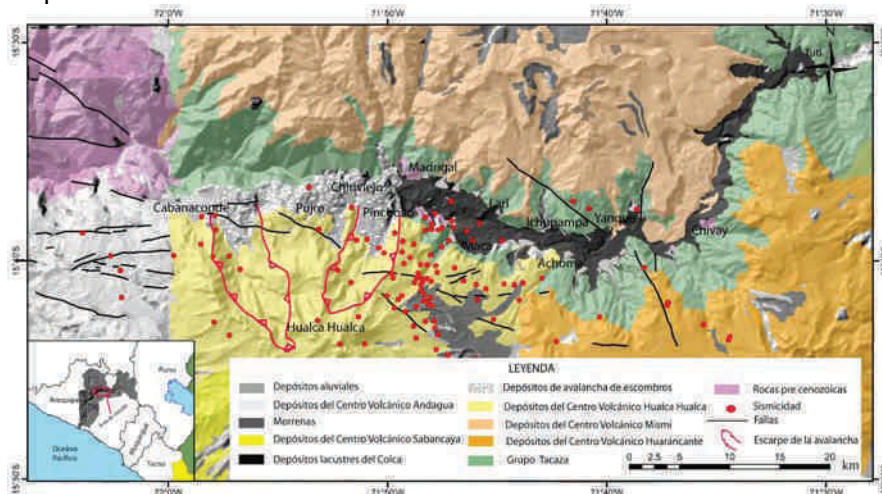


Figura 1. Mapa geológico del área de estudio, modificado de Quispesilvana & Navarro (2001).

### ESTRATIGRAFÍA

Los depósitos lacustres del valle del Colca se dividen en 5 secuencias sedimentarias de tercer orden. La primera secuencia suprayace en discordancia angular a los depósitos volcánicos del Grupo Tacaza y de los centros volcánicos Huarancante y Mismi del Plioceno, esta secuencia aflora en el tramo Chivay–Yanque–Achoma, tiene un espesor de ~100 m y esta compuesta por intercalaciones de limoarcillitas de color pardo con laminación paralela, niveles delgados de areniscas de grano medio a fino con laminaciones oblicuas y calizas de tipo packstone. En la parte central y tope de esta secuencia se observan canales de microconglomerado y areniscas de grano medio a grueso con laminaciones oblicuas, así mismo se observan fallas sinsedimentarias. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo lacustre profunda. Así mismo se identificaron tres niveles de deformación de escala centimétrica asociados a licuefacción.

La segunda secuencia se encuentra mejor expuesta en Ichupampa con un espesor de 30 m y esta constituida por intercalaciones de limoarcillitas de color pardo oscuro con laminación paralela, niveles de areniscas de color gris con laminaciones paralelas y oblicuas, hacia el tope se observan niveles de conglomerados polimícticos con diámetros de clastos que varían entre 1 a 5 cm. Las areniscas tienen mayor espesor en comparación con la primera secuencia. Esta secuencia corresponde a una zona de transición entre los depósitos finos del lago y los depósitos aluviales provenientes de las márgenes de la cuenca, por consiguiente

esta secuencia sedimentológicamente corresponde a un medio lacustre marginal. Así mismo esta secuencia presenta la mayor cantidad de niveles de deformación (“*sismitas*”), hacia la base dos niveles de deformación de hasta 1.5 m de espesor cada una (Fig. 2), donde se observan pliegues con planos axiales asimétricos, fallas normales e inversas asociadas a *slumps* que son correlacionables en toda la margen de la cuenca, además, en la parte media a tope se observan otras estructuras de deformación tipo *ball and pillow*, volcanes de arena, estructuras tipo *flame* (Fig. 2).

La tercera secuencia aflora en Yanque, Lari y quebrada Collpa, esta constituida en su mayor parte por conglomerados polimícticos con clastos de hasta 18 cm de diámetro, los clastos son subredondeados a redondeados y se encuentran intercalados con niveles delgados de areniscas medias a gruesas con laminaciones oblicuas y niveles de cenizas volcánicas. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo fluvial. Solo una estructura de deformación se observa en el tope de esta secuencia, se trata de una estructura de tipo *ball and pillow* (Fig. 2).

La cuarta secuencia se encuentra mejor expuesta en Lari y Pinchollo, tiene 30 m de espesor y esta compuesta por intercalaciones de limoarcillitas con niveles delgados de areniscas finas de color gris, cenizas volcánicas blanquecinas hacia la base; así como canales de microconglomerados polimícticos en la parte media. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo lacustre. Hacia el tope se observan pliegues simétricos, fallas inversas y normales afectando las limoarcillitas y areniscas, como es en el caso de Pinchollo, donde el nivel deformado cambia lateralmente, estando en contacto con un lente de conglomerado polimíctico con clastos angulosos a subangulosos, por consiguiente esta deformación estaría relacionada con el colapso del flanco suroeste del lago.

La quinta secuencia aflora en Lari, Madrigal y Achoma, esta secuencia tiene ~35 m de los cuales solo logramos medir 8 m por lo inaccesible de la zona, esta secuencia esta compuesta por conglomerados polimícticos con clastos sudredondeados a redondeados que alcanzan un diámetro de hasta 30 cm. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo fluvial.

## RECONSTRUCCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA DE LA CUENCA

Durante el Cuaternario se desarrollaron varias glaciaciones de escala continental, actividad volcánica y sísmica superficial, procesos que permitieron modelar la topografía para la formación de dos lagos durante el Cuaternario. No se tiene una edad exacta del inicio de la formación del lago pero por posición estratigráfica proponemos que fue en el Pleistoceno inferior, posterior al emplazamiento de depósitos volcánicos pliocénicos de los centros volcánicos Huarancante y Mismi.

Nosotros proponemos en base a reconocimientos de campo y análisis estratigráficos que el lago fue formado por represamiento del río Colca, represamiento causado por una avalancha de escombros originado en el flanco noreste del volcán Hualca Hualca (Fig. 1), los depósitos de esta avalancha afloran en Pinchollo, Chiriviejo, Pujro en la margen izquierda del río Colca y Madrigal en la margen derecha. Litológicamente está constituida por bloques angulosos a subangulosos y clastos de andesitas basálticas fracturadas por el rápido enfriamiento. Gómez et al. (2004) proponen que el volumen mínimo de esta avalancha es de 1.3 km<sup>3</sup>, cifra hallada a partir de trabajos topográficos de detalle.

Una vez formado el dique por la avalancha, el río se represó formando un lago profundo (~150 m), dando lugar a la depositación de depósitos finos con laminación paralela en la base de la cuenca (secuencia I), al mismo tiempo el lago recibe depósitos aluviales y fluviales provenientes de las quebradas adyacentes al lago (secuencia II), formando una zona de transición restringida hacia las márgenes del lago.

La estratificación concordante y simétrica de la secuencia I, nos permite indicar que el lago fue estable durante el Pleistoceno inferior? (Fig. 2I). Posteriormente la estratificación se hace asimétrica en toda la cuenca durante el Pleistoceno inferior-medio? (Fig. 2A, 2B Y 2C), producto de la actividad sísmica que quedo registrada en la estratigrafía dejando *slumps* (hacia la base de la secuencia II), estructuras de tipo *ball and pillow* y tipo *flame*. Según el esquema propuesto por Rodríguez (1998), de los 9 eventos sísmicos

identificados y caracterizados en la secuencia II, los dos primeros sismos fueron los más grandes en magnitud. Estos eventos sísmicos habrían generado el debilitamiento del dique del lago y posterior ruptura.

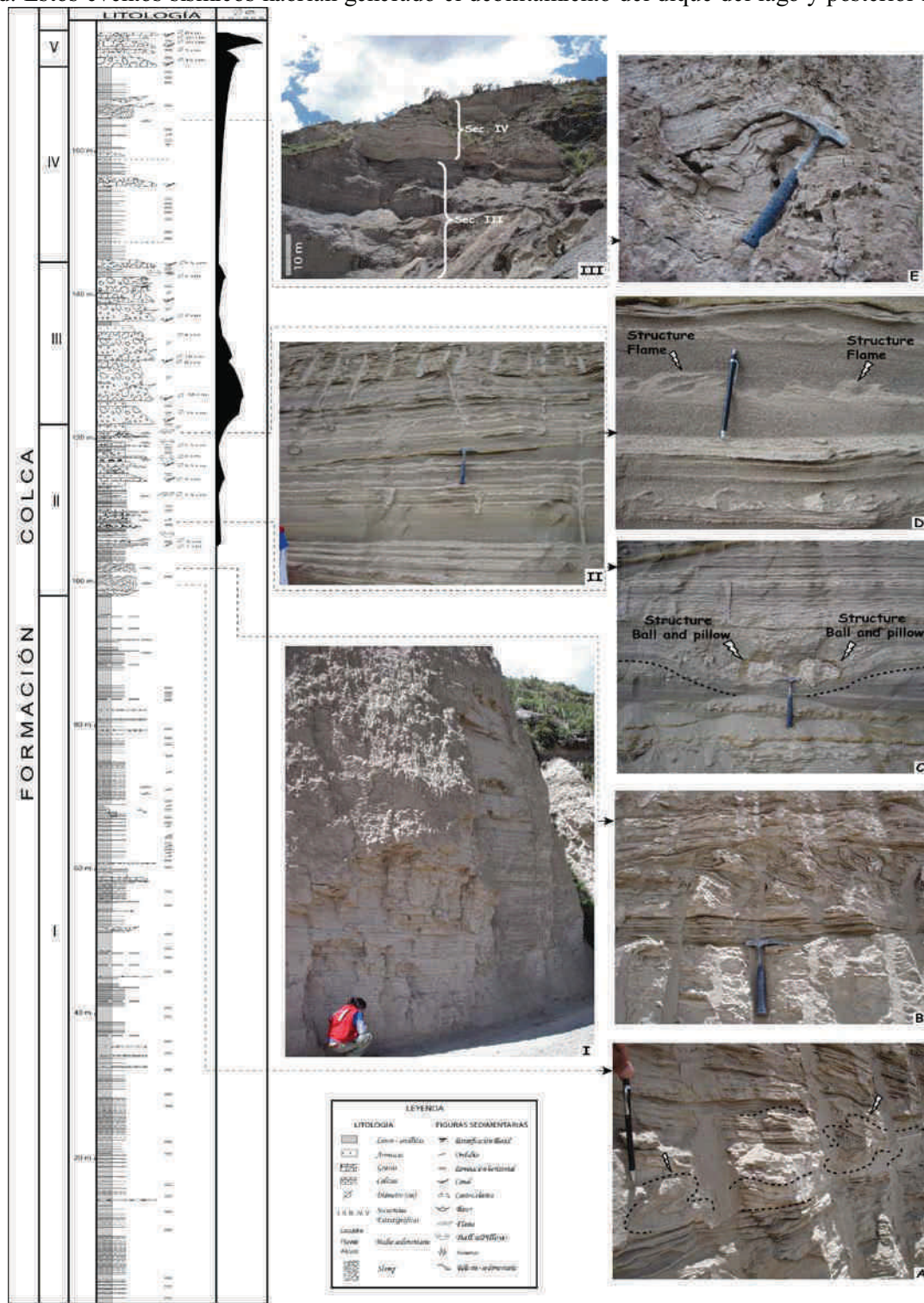


Fig. 2: Columna estratigráfica de los depósitos lacustres cuaternarios del valle del Colca. A la derecha se observan fotografías generales y de detalle de las secuencias de tercer orden (2I, 2II y 2III) y fotografías con las estructuras deformadas "sismitas" (2A, 2B, 2C, 2D y 2E).

Conjuntamente con el desembalse se desarrolla un sistema fluvial (secuencia III), generando erosión y consecuente incisión de los depósitos lacustres, formando terrazas aluviales de tipo encajonado. En esta secuencia se identificó solo una estructura deformada o *sismita* de tipo *ball and pillow*, probablemente porque en este medio de sedimentación es difícil que se conserve.

Suprayaciendo a la secuencia fluvial se tiene otra secuencia lacustre (secuencia IV), que nos indica otro represamiento del río asociado a una avalancha detonado por sismo, quedando este registrado en el tope de la secuencia III y que posiblemente provoco una “pequeña” erupción de cenizas volcánicas que se depositaron en el lago formando parte de la base de la secuencia IV. Este lago fue menos profundo (~25 m) en comparación con el primero. En la parte superior de la secuencia IV se observan estructuras tipo *ball and pillow*, *flame* y *slumps*, estructuras asociadas a eventos sísmicos que generaron posiblemente el debilitamiento del dique y posterior desembalse, desarrollándose un sistema de tipo fluvial (secuencia V) generando erosión, consecuente incisión y formando terrazas aluviales.

## EDAD DE FORMACIÓN DE LOS PALEOLAGOS Y CONCLUSIONES

Por posición estratigráfica podemos señalar que los lagos del valle del Colca se formaron entre 1.8 Ma? (Pleistoceno inferior) y 0.6 Ma, esta ultima edad es resultado de una datación de lavas por el método K-Ar (Klinck et al., 1986) que se encuentran suprayaciendo a los depósitos lacustres de la secuencia IV al oeste de la localidad de Achoma.

Entonces, los paleolagos se emplazaron en una cuenca elongada con alta actividad volcánica y sísmica, procesos que estuvieron asociados a las avalanchas del flanco noreste del nevado Hualca Hualca, y por consiguiente, a las formaciones de los diques en las áreas de Pinchollo-Madrigal. La actividad sísmica en el flanco noreste, continua hasta la actualidad, tal como lo demuestra los estudios de Antayhua (2002), donde mediante un monitoreo entre 1993 a 1995 registran sismos superficiales (<30 km de profundidad) relacionados a reactivaciones de fallas (Fig. 1). Esta evidencia refuerza aún más la hipótesis sobre las ubicaciones de los diques de los lagos, ya que se podría relacionar las avalanchas a sismos superficiales.

Finalmente concluimos que las *sismitas* identificadas en el registro estratigráfico de los depósitos lacustres son producto de las reactivaciones de las fallas ubicadas en las alturas de la margen izquierda del río Colca. De acuerdo a la tabla de caracterizaciones de *sismitas* propuesta por Rodriguez (1998), los eventos sísmicos de las secuencias II y IV pudieron tener magnitudes >7.

## REFERENCIAS

- Antayhua, Y., Tavera, H., Bernal, I., Palza, H. & Aguilar, V. 2002. Localizacion hipocentral y características de la fuente de los sismos de Maca (1991), Sepina (1992) y Cabanaconde (1998) región del Volcán Sabancaya (Arequipa).
- Gómez, J. C., Macías, J. L., Siebe, C., & Ocola, L. 2004. Delimitación y análisis sedimentológico de la avalancha de escombros del volcán Hualca Hualca, valle del Colca, Arequipa-Perú. XII Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, p.575-577.
- Klinck, B.A., Ellison, R.A., Hawkins, M.P., 1986. The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano, west of Lake Titicaca southern Peru. INGEMMET, Preliminary Report Lima.
- Quispesilvana L. & Navarro, P. 2001. Actualización de la hoja geológica de Chivay (32.-s), escala 1:100 000, Carta Geológica-INGEMMET.
- Rodriguez, M.A. (1998). Paleosismicidad y sismotectónica de las cuencas lacustres neógenas del Prebético de Albacete. Tesis para optar el Grado de Ciencias Geológicas, pp.360. Universidad Complutense de Madrid.