PALEOSISMOLOGÍA EN EL VALLE DEL COLCA: EN BUSCA DE LOS SISMOS HISTÓRICOS Y PRE-HISTÓRICOS.

Carlos Benavente, Fabricio Delgado, Briant García & Enoch Aguirre;
e-mail: cbenavente@ingemmet.gob.pe
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

INTRODUCCIÓN

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 (figura 1), forma que fue modelada por una dinámica activa asociada a glaciaciones, desglaciaciones, actividad volcánica y sísmica relacionada a reactivaciones de fallas. En el presente trabajo enseñamos resultados del análisis de estructuras sedimentarias deformadas (sismitas) halladas en el valle del Colca y de la trinchera paleosismológica transversal a la falla Trigal, ubicada en la margen derecha del río Colca-Cabanaconde. En tal sentido, contribuimos al conocimiento y valoración de la actividad neotectónica, paleosísmica en el valle del Colca.

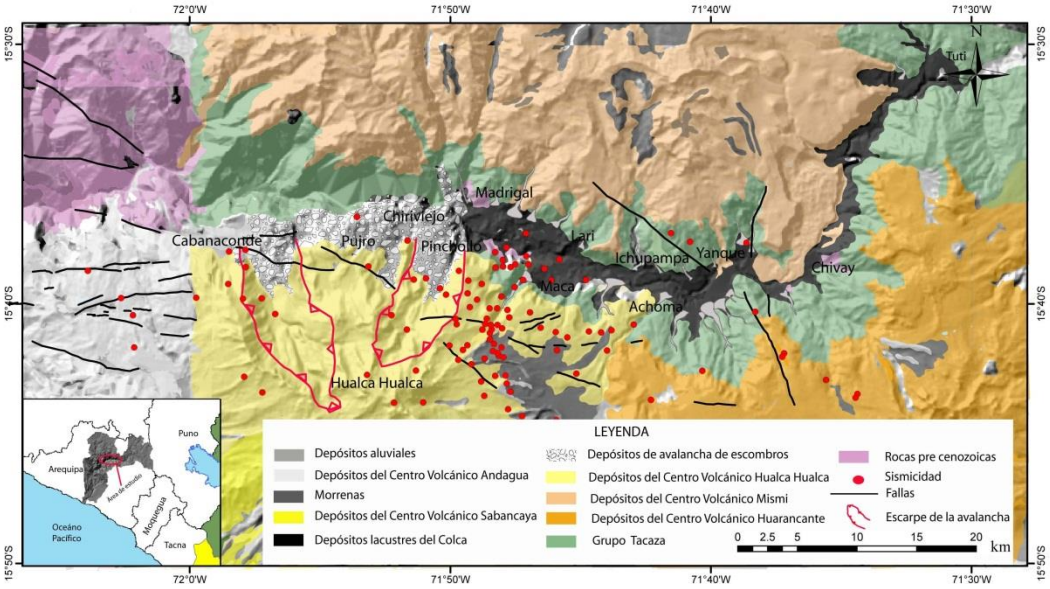

Fig.1: Mapa geológico del área de estudio, modificado de Quispesilvana & Navarro (2001).

CONTEXTO GEOLÓGICO Y NEOTECTÓNICO

La cadena volcánica actual está constituida por estratovolcanes con un cráter central, domos y conos monogenéticos de escorias de la lavas asociados a flujos <5 000 B.P *(Delacour et al., 2007; De Silva & Francis, 1991).* Los depósitos volcánicos cuaternarios muestran evidencias de haber sido erosionados y retrabajados por la actividad glacial, es así, que observamos morrenas y depósitos fluvio-glaciares cubriendo dichos depósitos.

Benavente et al. (2010) describen un control estructural NO-SE en el arco volcánico Cuaternario a lo largo de aproximadamente 200 km, corredor estructural conformado por fallas normales con buzamientos opuestos y que cortan depósitos volcánicos cuaternarios, glaciares y fluvio-glaciares. Asimismo, *Sébrier et al. (1985)* estudian las fallas de Trigal y Solarpampa, ubicadas en las alturas del Cañon del Colca, entre las localidades de Huambo y

Cabanaconde; fallas con orientaciones E-O, están constituidos por segmentos que se extienden a lo largo de 30 km cortando depósitos volcánicos cuaternarios y fluvio-glaciares. *David (2007) y Antayhua (2008)* analizaron la actividad sísmica de esta área, identificando su distribución tanto en superficie como en profundidad y hallando mecanismo focales, que son coherentes con las orientaciones de las fallas identificadas.

REGISTROS DE SISMICIDAD EN LA ESTRATÍGRAFÍA CUATERNARIA DEL VALLE DEL COLCA

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 (figura 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^3, cifra hallada a partir de trabajos topográficos de detalle.

Una vez formado el dique por la avalancha, el río se represo formando un lago profundo (~150 m), dando lugar a la sedimentación de depósitos finos con laminación paralela en la base de la cuenca, al mismo tiempo el lago recibe depósitos aluviales y fluviales provenientes de las quebradas adyacentes al lago 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?. Posteriormente la estratificación se hace asimétrica en toda la cuenca durante el Pleistoceno inferior-medio?, 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*. Estos eventos sísmicos habrían generado el debilitamiento del dique del lago y posterior ruptura.

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 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.

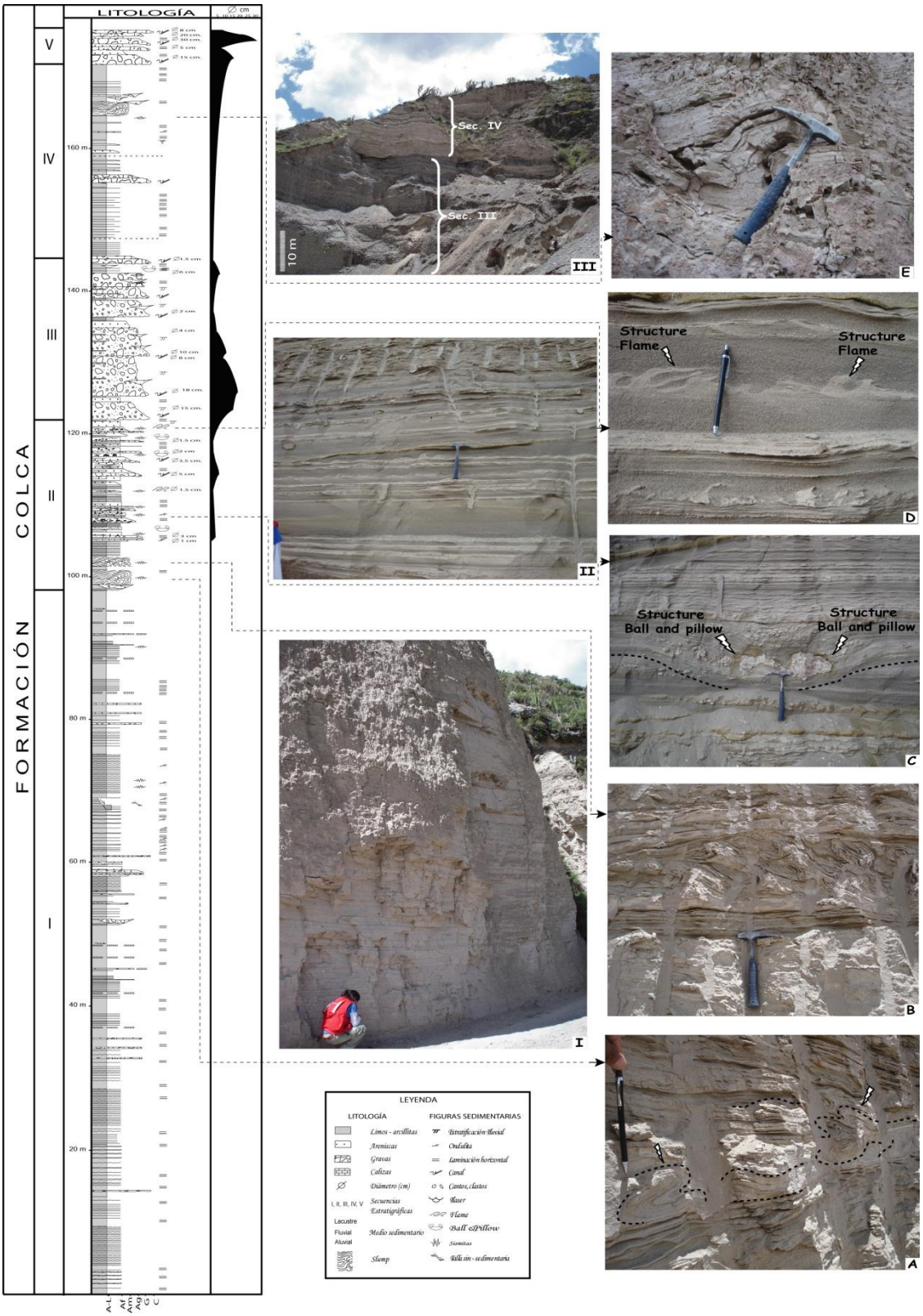

Fig. 2: Columna estratigráfica de los depósitos lacustres cuaternarios del valle del Colca. A la derecha se observan fotografías generales y de detalle de las secuencias de tercer orden y fotografías con las estructuras deformadas “sismitas”.

PALEOSISMOLOGÍA: TRINCHERA EN CABANACONDE

Los estudios paleosísmicos a nivel mundial han probado ser de gran utilidad para la estimación del potencial sismogénico (determinación de los sismos máximos probables sobre una falla dada y su correspondiente período de retorno) de los accidentes tectónicos de actividad sísmica moderada, tanto en magnitud como en frecuencia, puesto que permite expandir el período de observación más allá de la sismicidad instrumental y la sismología histórica (para más detalles, referirse a Audemard, 1998), adentrándose en tiempos geológicos recientes (varios miles a decenas de miles de años); y así permitiendo la reconstrucción de la historia sísmica (varios ciclos sísmicos consecutivos) de dicha falla. La paleosismología cuenta con una serie de posibles enfoques), dependiendo del contexto tectónico, geológico-geomorfológico y climático.

En las últimas décadas la zona del Colca muestra actividad sísmica, específicamente en Cabanaconde. Generando sismos de hasta 6 grados de magnitud. Pero ninguno de estos eventos generó ruptura superficial, observación importante y extraña, ya que es posible observar a simple vista en campo (figura 3) y en imágenes satelitales escarpes de fallas con desniveles de hasta 50 metros.

Entonces la pregunta fue inmediata, ¿**Cuánta energía es necesaria para generar ruptura superficial**?. Para ello iniciamos trabajos de paleosismología en la falla Trigal (figura 4), donde pudimos observar evidencias de rupturas superficiales y acumulaciones de cuñas coluviales que nos indican una recurrencia de la reactivación de esta estructura.

Análisis preliminares, indican que la falla Trigal, es capaz de generar sismos de hasta 7.0 grados de magnitud, generando rupturas de 0.40 m. Los intervalos de recurrencia serán hallados con la dataciones de las cuñas coluviales utilizando el método C14, en la actualidad estas muestras se encuentran en Francia en proceso de análisis.

Figura 3: Escarpe de falla activa Trigal.

Figura 4: Inicios de la ejecución de la trinchera paleosismológica realizada en la falla Trigal

COMENTARIOS FINALES

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. De igual manera el análisis paleosismológico a través del estudios de la trinchera indican reactivaciones de la falla con magnitudes >7 y con rupturas superficiales de 0.40 m. Estamos a la espera de las edades de radio carbón (c14) con la finalidad de obtener intervalos de recurrencia. Finalmente, se puede observar que hay coherencia entre los análisis estratigráficos y paleosismológicos, ejemplo único en el país, llegando a la conclusión que esta zona es de elevada peligrosidad sísmica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antayhua, Y., Tavera, H., Bernal, I., Palza, H. & Aguilar, V. (2002) - Localizacion hipocentral y caracteristicas de la fuente de los sismos de Maca (1991), Sepina (1992) y Cabanaconde (1998) región del Volcán Sabancaya (Arequipa).

- Benavente, C., Delgado, F., García, B. & Aguirre, E. (2015) - Evolución del relieve, neotectónica, peligro sísmico de la región Arequipa. Boletín serie C-INGEMMET (en preparación).

- 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.

- De Silva, S.L., and Francis, P.E. (1991) - Volcanoes of the Andes: Berlin, Springer-Verlag, 216 p.

- Klink, B., Ellison, R., Hawkins, M. (1986) - The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano West of Lake Titicac Southern Perú. British Geological Survey, INGEMMET, 1986.

- Sébrier, M., Mercier, J., Megard, F., Laubacher, G. & Carey-Gailhardis, E. (1985) - Quaternary normal and reverse faulting and the state of stress in the Central Andes of south Perú. Tectonics, vol. 4, Nº7, pp. 739-780.

- 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.

- Quispesilvana L. & Navarro, P. (2001) - Actualización de la hoja geológica de Chivay (32.-s), escala 1:100 000, Carta Geológica-INGEMMET.

.