

EVIDENCIAS DE PALEOSISMOS EN LA ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA CUATERNARIA CUSCO, PERÚ

Carlos Benavente¹, José Cárdenas², Ronald Concha², Bryan García² y Maria del Carmen Morales¹

¹ INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima-Perú.

Email: cbenavente@ingemmet.gop.pe

² UNSAAC, Universidad San Antonio Abad del Cusco, Av. De la Cultura N°733, Cusco-Perú

INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra en el borde occidental del continente sudamericano, donde la Cordillera de los Andes se hace más ancha y alta. Esta cadena montañosa se ubica sobre el límite de placas convergentes en el cual la placa oceánica de Nazca subduce la placa Sudamericana o Continental.

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las zonas sísmicamente más activas en el mundo, donde la sismicidad está asociada al proceso de subducción y a las reactivaciones de fallas. En el Perú, se ha avanzado hasta el punto de haber identificado, cartografiado y reconocido las características de los sistemas de fallas activas mayores del país.

Uno de los sistemas de fallas más importantes del Perú se encuentra en la Cordillera Oriental, exactamente en el departamento del Cusco, ubicado en el sur del Perú (Fig. 1). La información sobre sismos en el Cusco es insuficiente para realizar trabajos sobre peligro sísmico. Crónicas históricas (Esquivel & Navia, 1775; Silgado, 1978) mencionan la ocurrencia de sismos muy devastadores para la ciudad del Cusco, estas remontándose hasta la época Inca.

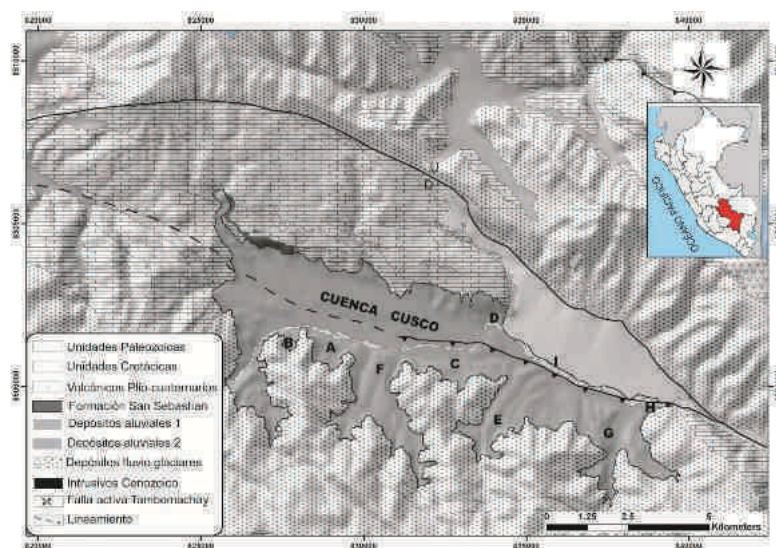


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca cuaternaria Cusco. Las letras corresponden a los lugares donde se levantaron las columnas

La falta de datos y limitaciones de la sismicidad histórica nos conduce a realizar trabajos de paleosismología, que permitirán identificar las estructuras geológicas asociadas a sismos ocurridos antes de las primeras crónicas históricas, mediante un análisis integral de disciplinas como son: La Geología Estructural, Estratigrafía y Sedimentología.

La paleosismología estudia la estructura sísmica directa (la falla) realizando una trinchera o zanja siempre y cuando ocurra ruptura superficial durante el sismo, pero esto no siempre es así, ya que se pueden dar terremotos muy importantes sin rupturas superficiales. Por este motivo el estudio de las estructuras de origen sísmico desarrollados en sedimentos no consolidados cobra especial importancia, siendo el tema central del presente trabajo.

ANÁLISIS DE SECUENCIAS EN LA FORMACIÓN SAN SEBASTIAN

La Formación San Sebastián se divide en 5 secuencias sedimentarias de tercer orden. La primera secuencia suprayace en discordancia erosional a la formación Pumamarca del Plioceno, aflora en las quebradas Huayrancalle y Quiquiquilla (Fig. 2C, 2D) y esta compuesta por intercalaciones de arcillas, limolitas y niveles delgados de arena fina. En la parte media se observa 4 m de diatomita donde se ha reportado la especie *Cyclotella* cf. *C. meneghiniana* Kützing deformadas (Fig. 2D, 2C) mezcladas con niveles delgados de turba. Esta primera secuencia corresponde a un ambiente de sedimentación palustre-lacustre.

La segunda secuencia se encuentra mejor expuesta en la quebrada Teneria (Fig. 2I), y está constituida por gravas, arenas gruesas a finas con laminaciones cruzadas y niveles delgados de limolitas. Los niveles de arena son de espesores considerables (20 m) y se pueden observar estructuras tipo ball and pillow (Fig. 2D, 2E y 2I). Esta secuencia corresponde a sedimentación de tipo fluvial.

La tercera y cuarta secuencia son las mejores expuestas en la cuenca (Fig. 2). La tercera secuencia esta compuesta por arcillas, limolitas y arenas finas a medias. Además se observan lentes de gravas y arenas en los niveles limolíticos. Una particularidad de esta secuencia es la presencia de slumps (2A, 2B, 2E, 2F, 2G, 2I). El medio de depósito de esta secuencia es de llanura de inundación.

La cuarta secuencia esta compuesta por arcillitas con laminaciones paralelas y diatomitas deformadas donde se han reportado las especies *Chara* cf. *C. vulgaris*, *Cocconeis lineata* Ehrenberg y *Cymbella cymbiformis* (Fig. 2A, 2B, 2F y 2G) indicando un medio de sedimentación lacustre.

La quinta secuencia hacia la base esta conformada por gravas con clastos subredondeados, arenas finas a gruesas y limolitas, hacia el techo se observa gravas con clastos angulosos, toda esta secuencia corresponde a medios de sedimentación de tipo aluvial (Fig. 2A y 2B).

ANÁLISIS DE PALEOSISMOS EN LA CUENCA CUATERNARIA DEL CUSCO

Distinguir el origen sedimentario y diagenético o su carácter de auténticas sismitas de las estructuras deformadas en sedimentos, resulta una tarea difícil, puesto que los procesos que los generan son los mismos, pero se diferencian en el fenómeno desencadenante. (Richi Lucci, 1995). Algunos autores (Obermeier et al., 1991; Audemard & De Santis, 1991; Moretti et al., 1995 y Rodriguez, 1998) dedicados al estudio de sismitas, especialmente debido a licuefacción, reafirman el origen sísmico de estas estructuras si se pueden asociar a áreas tectonicamente activas confirmadas bien por la existencia de fallas activas, por registro instrumental o histórico. Además coinciden en afirmar que sismos de magnitud >5 generan sismitas, entre las que mencionan los diques de arena, volcanes de arena, pliegues de pequeña escala, estructuras de carga, laminaciones convolutas, estructuras flame, estructuras ball and pillow y corrimientos laterales.

Un total de 36 sismitas fueron identificadas en el registro estratigráfico de la formación San Sebastián que a continuación pasamos a describir:

En la primera secuencia se han reconocido tres estructuras deformadas, la primera es un slump donde el plano de despegue fueron las diatomitas, las dos restantes son estructuras de tipo flame y ball and pillow (Fig. 2D).

En la segunda secuencia se observan tres niveles de estructuras deformadas en las columnas 2A, 2D y 2I, y una estructura en las columnas 2B, 2C, 2E y 2F, la estructura más común en esta secuencia son las estructuras de tipo ball and pillow, seguidas por los volcanes de arena.

La característica más resaltante de la tercera secuencia, dejando a un lado los tres niveles de estructuras deformadas en las columnas 2A y 2H, es el slump que se puede identificar y correlacionar en todas las zonas donde aflora la secuencia III, este deslizamiento subacuático debe estar relacionado con un evento sísmico de magnitud elevada.

De igual forma en la cuarta secuencia se puede correlacionar otro slump (Fig. 2A, 2B, 2F, 2H), si bien es cierto de menor escala pero de igual importancia, ya que este evento puede estar asociado al desembalse de la laguna. Suprayaciendo a esta secuencia se observan gravas angulosas a subredondeadas (secuencia V).

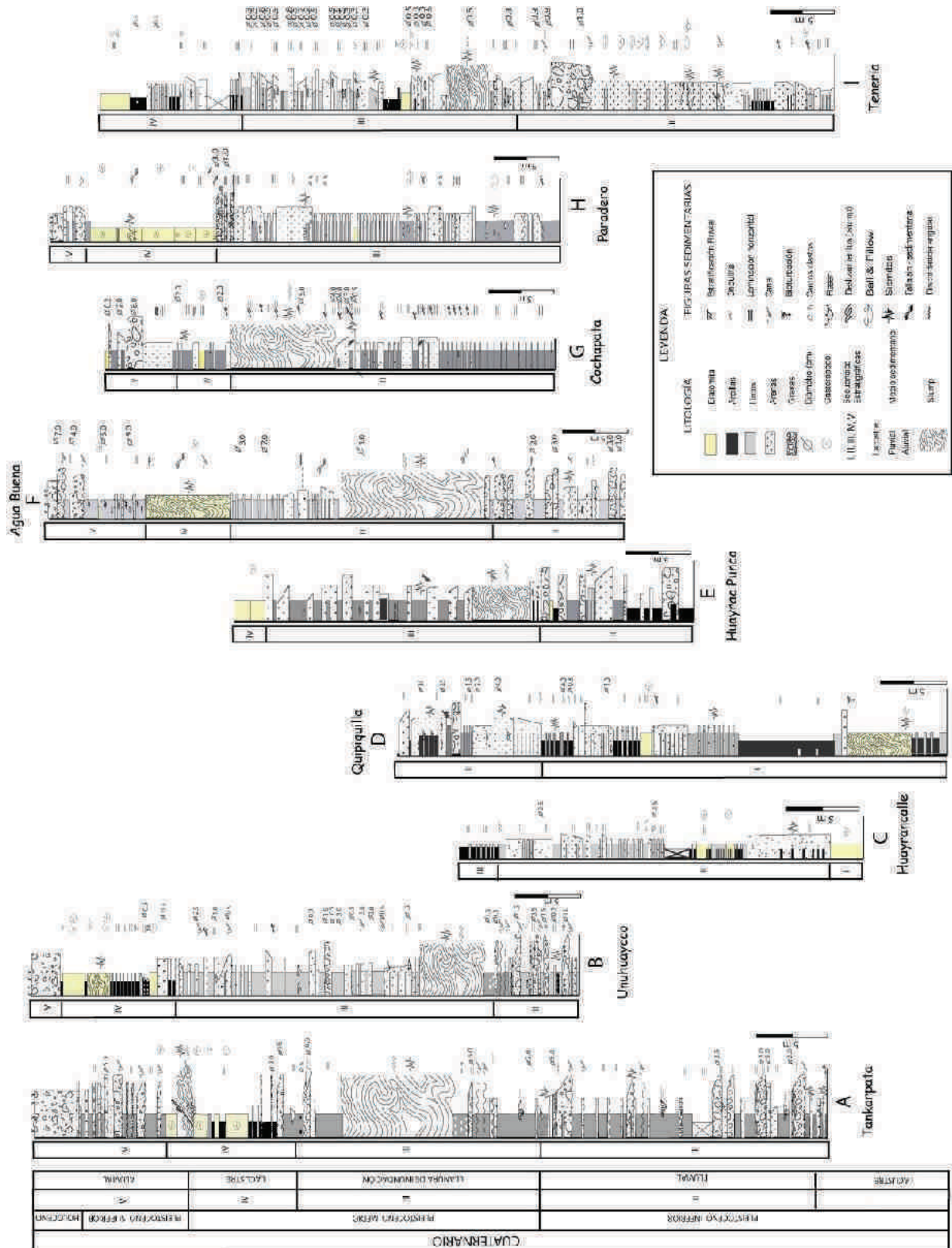


Fig.2. Correlación estratigráfica y sismoestratigráfica de la formación cuaternaria San Sebastián.

INTERPRETACIONES Y CONCLUSIONES

Los estudios de paleosismicidad son un aporte esencial para la determinación de zonas de riesgo sísmico, especialmente en áreas de deformación en las que los sismos más importantes pueden estar separados por periodos de tiempos mayores que los registros instrumentales e históricos.

Las columnas estratigráficas muestran que en la depresión de la ciudad del Cusco se formaron dos lagos durante el Cuaternario, el primero tuvo como dique Angostura (SE del Cusco) el que fue fracturado por un evento sísmico posiblemente en el Pleistoceno inferior (Fig.2A y 2D). La ruptura del dique generó el desembalse del lago para luego desarrollarse un sistema fluvial. Durante este período se produjeron varios eventos sísmicos quedando registrada la mayor cantidad en la columna 2I, donde se observan estructuras ball and pillow en bancos de arena de espesores de 20 metros. De acuerdo a la tabla de caracterizaciones de sismitas (Rodríguez, 1998) este evento pudo ser de magnitud >7 .

Posteriormente se comienza a desarrollar la llanura de inundación, los sedimentos aún incosolidados dieron lugar a deslizamientos y licuefacción producto de un evento sísmico, el que quedo registrado en todo el borde del lago (Fig. 2A, 2B, 2E, 2F, 2G, 2I). Por la cantidad de material deformado este evento posiblemente también este asociado a un sismo de magnitud >7 . A continuación se forma otro lago debido al emplazamiento de los volcánicos Rumicolca (0.6 Ma, Carlier & Carlotto, 1990), estas lavas habrían represado el valle. En el Pleistoceno superior otro slump con características similares al anterior se desarrolla (Fig. 2A, 2Fy 2H) generando posiblemente el desembalse del lago.

Por consiguiente, la región del Cusco constituye una zona de tectónica activa, donde las estructuras deformadas (sismitas) están relacionadas a la reactivación o reactivaciones de las fallas de los sistemas de fallas del Cusco y Vilcanota. Además, sin bien es cierto que, la recurrencia de estos sismos son periodos largos, podemos afirmar que estos fueron de magnitud igual o >7 , a partir de las caracterizaciones de las estructuras con respecto a la huella que dejaron en el registro estratigráfico, lo que constituye un peligro para dicha región.

REFERENCIAS

- Audemard, A. & De Santis, F. (1991). Survey of liquefaction probability for seismic hazard applications. *Earthquakes. Bull. Inter. Assoc. Eng. Geol.* 44: 5-16.
- Carlier, G. & Carlotto, V. (1990). Evidence for the origin of a shoshonitic suite by mixing of peraluminous and ultrapotassic magmas: the Oroscocha and Quimsachata Quaternary volcanoes, Sicuani province, southern Peru. *Symposium International "Geodinamique Andine"*, Grenoble, France. Résumés des Communications. Paris: Editions de l'ORSTOM 1990, pp. 325-328
- Esquivel y Navia, 1775 . *Noticias Cronológicas de la gran ciudad del Cusco*. Tomo I y II
- Moretti, M., Tropeano, M. & Walsh, N. (1995). Tyrrhenian seismites in Bari Area (Murge-Apulian foreland). *Tai dei Convegna Licenci*, 122. *Terremoto in Italia*. Academia Nazionale dei Lincei: 211-216.
- Silgado, F. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). *INGEMMET. Bol.. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, n. 3, 130 p., 1978
- Obermeier, S.F., (1996). Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis—an overview of how liquefaction features can be distinguished from other features and how their distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Eng. Geol.* 44, 1–76.
- Richi Lucci, (1995). Sedimentological indicators of Paleoseismicity. En: *Perspectives in Paleoseismology*, Assoc. Eng. Geol., Pub., 6:7-18.
- Rodríguez, 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.