

PROYECTO DE PALEOSISMICIDAD Y MONITOREO DE FALLAS ACTIVAS EN LA REGIÓN DEL CUSCO

Carlos Benavente¹, Katherine Gonzáles¹, Edu Taipe¹ y José Cárdenas²

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

A lo largo de todos los andes peruanos se observan fallas activas que son causa de los esfuerzos que produce la subducción sobre la Placa continental Sudamericana. Es así, en la región del Cusco se ubican dos sistemas de fallas activas importantes, sistemas de fallas que podrían estar relacionadas con sismos de magnitudes variables ocurridos en los años 1581, 1590, 1650, 1707, 1744, 1746, 1905, 1928, 1941, 1943, 1950, 1965, 1980 y 1986 (Esquivel y Navia, 1775 & Silgado, 1978).

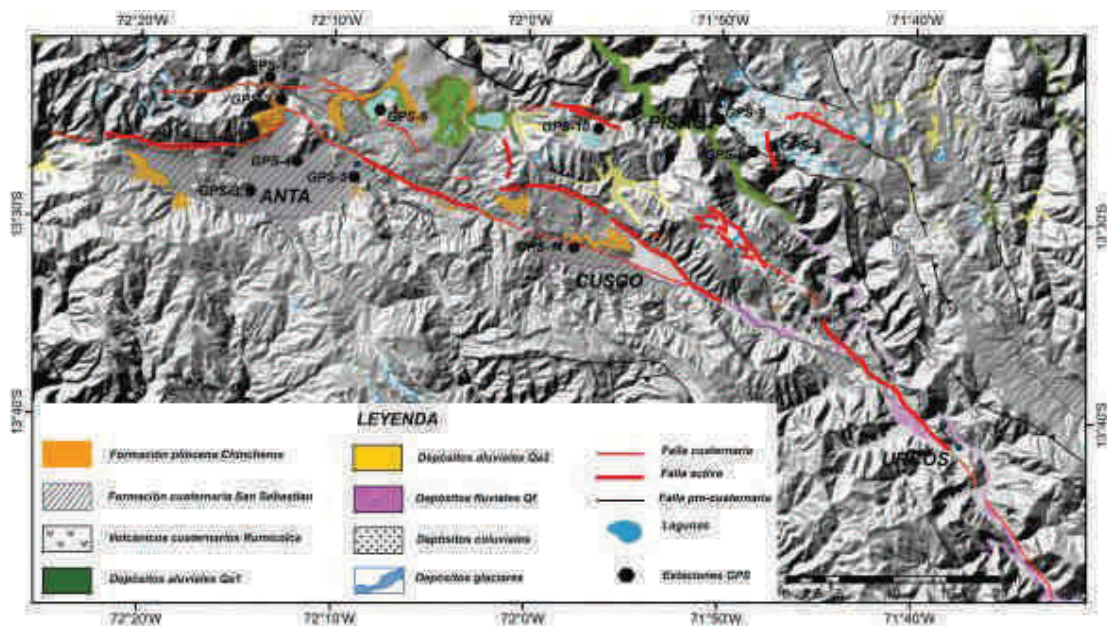


Figura 1. Mapa de ubicación de las fallas geológicas activas en la región del Cusco, además se muestra la distribución de las estaciones geodésicas. Las fallas pre cuaternarias son tomadas de las hojas geológicas del INGEMMET.

En la actualidad se cuenta con una relación de sismos compilada a partir de los últimos 30 años de instrumentación sísmica realizada por el Instituto Geofísico del Perú y de crónicas históricas donde mencionan la ocurrencia de grandes sismos.

Estas fuentes resultan insuficientes para realizar trabajos sobre el peligro sísmico que representan las fallas activas para la región del Cusco, ya que los sismos más importantes podrían estar separados por periodos de tiempos mayores que los conocidos por registros instrumentales e históricos.

Por consiguiente la falta de datos y limitaciones de la sísmica instrumental e histórica impulsan la realización de trabajos de paleosismología, los cuales permiten identificar en una primera etapa las estructuras geológicas asociadas a sismos ocurridos antes de las primeras crónicas históricas, mediante un análisis integral de disciplinas como son: La Estratigrafía, Geología Estructural y Sedimentología. La segunda, ya con el conocimiento y establecimiento del área tectónicamente activa, se continúa con el monitoreo de las fallas activas utilizando métodos geodésicos.

¿POR QUÉ MONITOREAR LAS FALLAS ACTIVAS DE LA REGIÓN CUSCO?

La región del Cusco muestra a lo largo de su historia una importante actividad sísmica, tal como lo describen Esquivel & Navia (1775) y Silgado (1978). Mencionan sismos de elevada magnitud e intensidad, siendo los más fuertes los ocurridos en 1581, 1650 (32 muertos), 1943 (75 muertos) y 1950 que dañó más del 50% de edificios y viviendas, dejando 394 muertos y muchos heridos. Este sismo fue generado posiblemente por la reactivación de la falla Tambomachay, hipótesis que se sustenta por las descripciones de daños realizados por Silgado (1978), quien describe que la parte que sufrió más daños por el sismo fue la parte SE de la ciudad del Cusco, sector que coincide con dicha falla.

Cabrera (1988) trabajó sobre los depósitos Plio-cuaternarios de la cuenca Cusco, llegando a determinar, en base a estudios de paleosismología en algunas fallas, un mínimo de dos reactivaciones holocenas con un tiempo de recurrencia de 5000 años.

En el 2009 se inicia el proyecto de neotectónica y peligro sísmico en la región de Cusco, donde en base al análisis sismoestratigráfico en los depósitos lacustres de la formación cuaternaria San Sebastián, se pudo identificar estructuras asociadas a 36 eventos sísmicos (Fig. 2), las que fueron caracterizadas utilizando las relaciones entre las estructuras de paleosismicidad en medios lacustres y magnitudes sísmicas propuesta por Rodríguez (1998). Con estas caracterizaciones se pudo interpretar que en la región del Cusco hubo, a lo largo de su historia cuaternaria, sismos de magnitudes elevadas ($M_w > 7$). De igual manera estudios paleosismológicos preliminares en las fallas Qoricocha, Pisaq, Cuyo y Colquepata muestran evidencias de acumulaciones de eventos sísmicos que permitirán determinar períodos de recurrencia para dichas fallas.

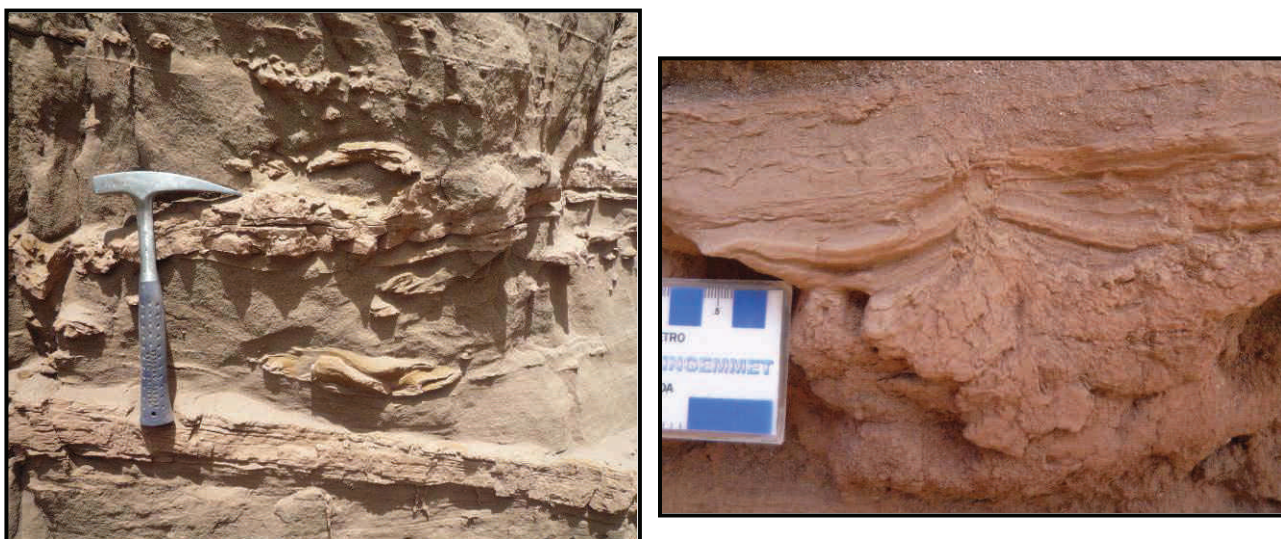


Figura 2. Estructuras de licuefacción asociadas a sismos. A la derecha se observa estructuras de tipo ball and pillow ubicada en la quebrada de Teneria. A la izquierda, volcán de arena bien conservado donde se puede observar aún las inyecciones producto de la extrusión de las arenas, ubicado en la quebrada Tankarpata.

Por consiguiente, las fallas activas de la región del Cusco muestran una larga historia de reactivaciones desde el Cuaternario hasta la actualidad, por tal motivo iniciamos con el monitoreo de las fallas activas utilizando métodos geodésicos como la Interferometría de Radar (InSAR) y GPS diferenciales, con la finalidad de poner en evidencia deformaciones en la corteza producto de la actividad tectónica.

MÉTODOS DE MONITOREO GEODÉSICO APLICADOS EN LA REGIÓN DEL CUSCO

INTERFEROMETRÍA RADAR-InSAR

La observación de las deformaciones del suelo podría evidenciar fallas cuyas expresiones no son visibles en superficie, fallas activas recientemente formadas, así como ayudar a comprender mejor la tectónica en los sistemas de fallas ya identificados. Estos cambios en la posición del suelo pueden ser detectados y monitoreados, a través de la Interferometría de Radar, InSAR.

La Interferometría Radar InSAR (SAR - Radar de Apertura Sintética) es una técnica geodésica que permite mediante la combinación de imágenes de satélite radar de una misma zona pero de diferentes fechas, detectar cambios en la posición del suelo que hayan podido ocurrir durante el periodo cubierto por dichas imágenes.

Esta técnica es usada para el estudio de la deformación co-sísmica, post-sísmica e inter-sísmica y con ella producir mapas densos relacionados con los desplazamientos del suelo sobre grandes áreas con una precisión milimétrica. Un ejemplo de aplicación de la Interferometría Radar en zonas tectónicamente activas es la relacionada al sistema de fallas Huambo Cabanaconde en el que González et al., (2006) asocia la ocurrencia de subsidencia del suelo a varios sismos de magnitud moderada en las cercanías del poblado de Cabanaconde.

Es así, que a fines del 2009 fueron adquiridas imágenes radar ASAR del satélite ENVISAT de parte de la región del Cusco, tanto en paso ascendente como descendente. Las imágenes de archivo no son suficientes para dicho estudio, por ello se continuará con la adquisición de imágenes según la programación de la zona de interés para llevar a cabo un monitoreo que permita detectar las posibles deformaciones asociadas a la actividad tectónica.

GEODESIA

Cada día las aplicaciones geodésicas satelitales se constituyen en herramientas de uso obligatorio en investigaciones relacionadas con la dinámica de la corteza terrestre, entre ellas estudios sismotectónicos por citar un caso específico. La geodesia se ha convertido en la disciplina básica para el análisis y estudio de la deformación interplaca e intraplaca, adicionalmente, la geodesia juega un papel importante en el estudio del ciclo sísmico.

En el 2009 se inicia la construcción de estaciones geodésicas alrededor de las fallas activas de la región del Cusco (Fig.1). Las estaciones se ubicaron en afloramientos rocosos in situ, que permitieron la construcción de cubos de concreto donde reposarán los GPS (Fig. 3).

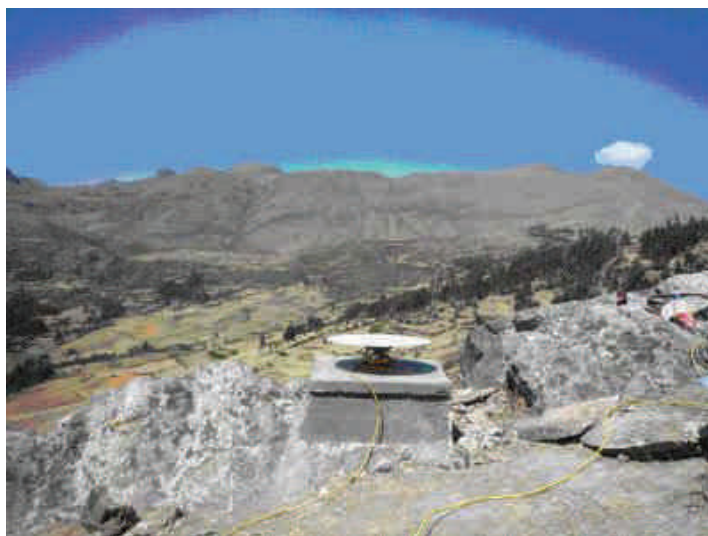


Figura 3. Estación geodésica ubicada en la localidad de Ampay, Provincia de Urubamba. Al fondo se observa el escarpe de la falla de Cuyo.

En esta primera etapa se construyeron 10 estaciones geodésicas que servirán para monitorear las fallas de Tambomachay, Zurite, Qoricocha y Cuyo, quedando pendiente las construcciones de estaciones en los alrededores de las fallas del Ausangate, Colquepata, Urcos y Ocongate.

Las mediciones geodésicas proporcionarán tasas de acumulación de deformaciones en fallas activas, y junto con la paleosismicidad y otras observaciones geológicas, cumplirán un papel preponderante en los estudios sobre peligro sísmico.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La región del Cusco forma parte de un área de tectónica activa, afirmación puesta en evidencia a partir de las caracterizaciones de estructuras de deformación asociadas a eventos sísmicos, “sismitas”, conservadas en el registro estratigráfico de la formación cuaternaria San Sebastián. Además, el análisis morfoestructural de las fallas activas sugieren de la misma manera sismos de magnitudes elevadas ($M_w > 7$), comprobadas por los análisis preliminares de trincheras transversales realizadas en las fallas de Qoricocha y Cuyo.

Por tal motivo la región del Cusco requiere el empleo de métodos geodésicos como la Interferometría de Radar y el uso del GPS diferencial que permitirán observar deformaciones en la superficie de la tierra, deformaciones que resultan imperceptibles a la vista humana, pero que pueden ser una advertencia a un próximo evento sísmico.

Además, las muestras extraídas en el análisis paleosismológico permitirán obtener períodos de recurrencia de eventos sísmicos más importantes. En ese sentido, se proyecta realizar el monitoreo de las fallas activas anualmente e instalar más estaciones geodésicas a fin de cubrir las fallas de Ocongate (SE de la región).

REFERENCIAS

- Cabrera J. (1988). Néotectonique et sismotectonique dans la cordillere Andine au niveau du changement de géométrie de la subduction: La Région de Cuzco (Pérou). Thesis, pp. 268., Univ. Paris-Sud, Orsay, 1988.
- González, K., Froger, J. L., Audin L., Macedo O. (2009). Ejemplos de deformación producto de la tectónica extensiva en las zonas de Huambo-Cabanaconde (Arequipa) y Calacoa-Huaytire (Moquegua) de los Andes Centrales vistos por Interferometría Radar – Insar. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.
- Esquivel y Navia, (1775) . Noticias Cronológicas de la gran ciudad del Cusco. Tomo I y II
- 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.
- 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