



SGP
FUNDADA 1924

Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

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

Deformación transcurrente y cuaternaria asociada al sistema de falla Pachatusan-Cusco

A. Palomino⁽¹⁾, C. Benavente⁽¹⁾, L. Rosell⁽¹⁾, E. Mathew⁽¹⁾, B. García⁽¹⁾.

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

INTRODUCCIÓN:

El sistema de fallas Pachatusan está ubicado a 5 km de la ciudad de Cusco (Figura 1.b). Tiene una longitud aproximada de 25 km y consiste en segmentos sub-paralelos de dirección N130°E a

N140°E. Los segmentos de fallas que componen todo este sistema afectan depósitos y morfologías de ambientes fluvio-glaciares y rocas volcánicas del Cuaternario.

Cabrera (1988) describe desplazamientos vertica-

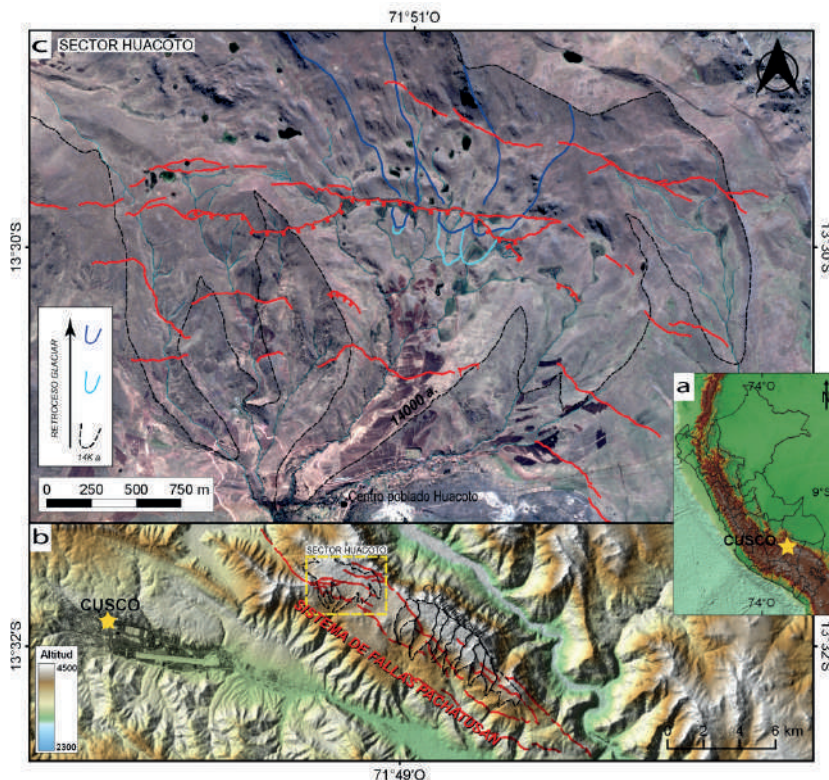


Figura 1. (a) Ubicación de la ciudad del Cusco respecto a la cadena andina. (b) Mapa topográfico de 30m/px de resolución, donde se ubica la ciudad del Cusco (estrella de color amarillo), el sistema de fallas Pachatusan (líneas rojas), y se muestra el cartografiado de los máximos avances glaciares (líneas negras entre cortadas), y la zona de estudio denominada Sector Huacoto (recuadro amarillo).

(c) Imagen satelital de detalle del sector Huacoto. Las líneas negras representan los avances/retceso glacial de ~14ka. Las líneas celestes y azules representan avances menores posiblemente durante el Holoceno (Cabrera, 1988). Las líneas rojas son fallas activas que afectan depósitos fluvio-glaciares.

les de morrenas posiblemente holocenas, además señala desplazamientos de hasta 10m. Benavente et. al. (2013) muestran un cartografiado más detallado y describen desplazamientos verticales mayores a 15m.

En la actualidad existen nuevas herramientas que permiten identificar fallas activas con mayor precisión, estas herramientas permiten estimar deformación vertical y lateral. En este sentido, en base a trabajos de sensores remotos y de campo mostramos nuevas evidencias de deformación transcurrente en la zona noroeste del sistema de fallas Pachatusan, denominado **Sector Huacoto**, por su cercanía al poblado de Huacoto (Figura 1.c).

Cabe resaltar que la información generada es importante para la caracterización del sistema de falla Pachatusan como fuente sismogénica, ya que las capacidades sismogénicas de una falla normal pura y una falla transcurrente son diferentes. En este sentido, estos primeros resultados nos permitirán hacer una evaluación sobre el peligro sísmico al que se encuentra expuesta la ciudad del Cusco.

METODOLOGÍA:

Análisis de imágenes y DEM de alta resolución

Para este estudio empleamos imágenes satelitales de 0.25m/px de resolución obtenidas con el software TerraIncognita; una imagen ortorectificada de 1956 y un modelo de elevación digital (DEM), estos dos últimos de 1.2 m/px de resolución y generados a partir del procesamiento de fotografías aéreas de 1956 en el software Agisoft PhotoScan (Agisoft, 2018).

Las imágenes y DEM de alta resolución nos permitió realizar una fotointerpretación morfoestructural a detalle, la información fue corroborada en campo, para luego cuantificar los desplazamientos horizontal y vertical.

Cuantificación de desplazamientos (morfometría)

La cuantificación de los desplazamientos horizontales, son equivalentes a la distancia perpendicular existente entre la proyección de los ejes de las geoformas desplazadas (morrenas, drenajes, depósitos cuaternarios, superficies, paleo-superficies) (Figura 3A, 3B, 3C); mientras que, los desplazamientos verticales se obtuvieron a partir de la generación y análisis de swath profile (Aguirre Alegre, 2018).

RESULTADOS

Las fallas se presentan de manera discontinua, sub-paralela y su distribución en este sector está dada a lo largo de 2.5 km de longitud y 600 m de ancho de deformación.

En la figura 3.2 se observa un segmento de falla continuo de tendencia E-O (líneas rojas), éste se divide en dos segmentos de fallas subparalelas y discontinuas (líneas verdes y azules) que forman un sigmoide a gran escala.

Los trazos de falla en color verde afectan depósitos fluvioglaciares, y sus movimientos de rumbo dextral con componente vertical han formado estructuras de deformación transcurrente como: estructuras en echelon y sigmoides de menor escala. Por otro lado, las fallas en color azul también deforman depósitos fluvioglaciares y han generado en mayor cantidad estructuras tipo echelón y drenajes anastomosados (e.g. Burg, 2017) el movimiento que han experimentados estas fallas son de rumbo sinistral con una componente vertical.

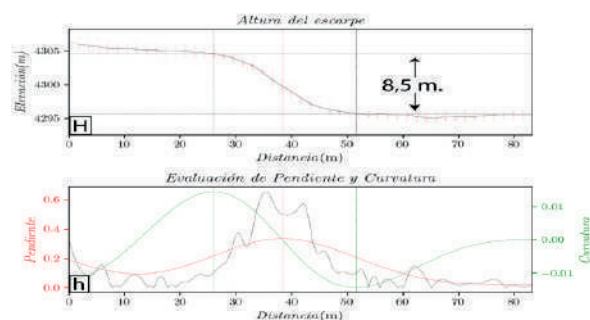


Figura 2. (H) Swath profile, cuantificación del desplazamiento acumulado vertical de un escarpe de falla representativo ubicado al este de la zona de estudio (ver figura 3.A). (h) Curvas estadísticas analizadas para la delimitación del desplazamiento vertical: pendiente (línea negra); pendiente sin ruido (línea roja) y la curvatura (línea verde) (Aguirre et al., 2018).

En la figura 3.A el trazo de falla (línea roja) desplaza morrenas laterales y drenajes; el movimiento principal es de rumbo dextral con una componente vertical; el desplazamiento horizontal es equivalente a 10m y el desplazamiento vertical calculado a partir del análisis de la pendiente topográfica mediante la elaboración de swath profile es de 8.5m (Figura 2).

En la figura 3.B el trazo de falla (línea verde) desplaza una morrena lateral y ha generado sigmoides al este, la morrena tiene un desplazamiento

to de rumbo dextral con una componente vertical, siendo el desplazamiento lateral equivalente a 10m.

En la figura 3.C el trazo de falla (línea azul) desplaza drenajes y depósitos fluvio-glaciares; así también se observan estructuras en echelón al oeste y sigmoides en la zona central y este. Cabe re-

saltar que la morfología del escarpe de falla en esta zona está más preservada, en comparación con los escarpes observados en las figuras 3A y 3B. El tipo de desplazamiento es de rumbo sinistral con una componente vertical, siendo el desplazamiento lateral equivalente a 4m.

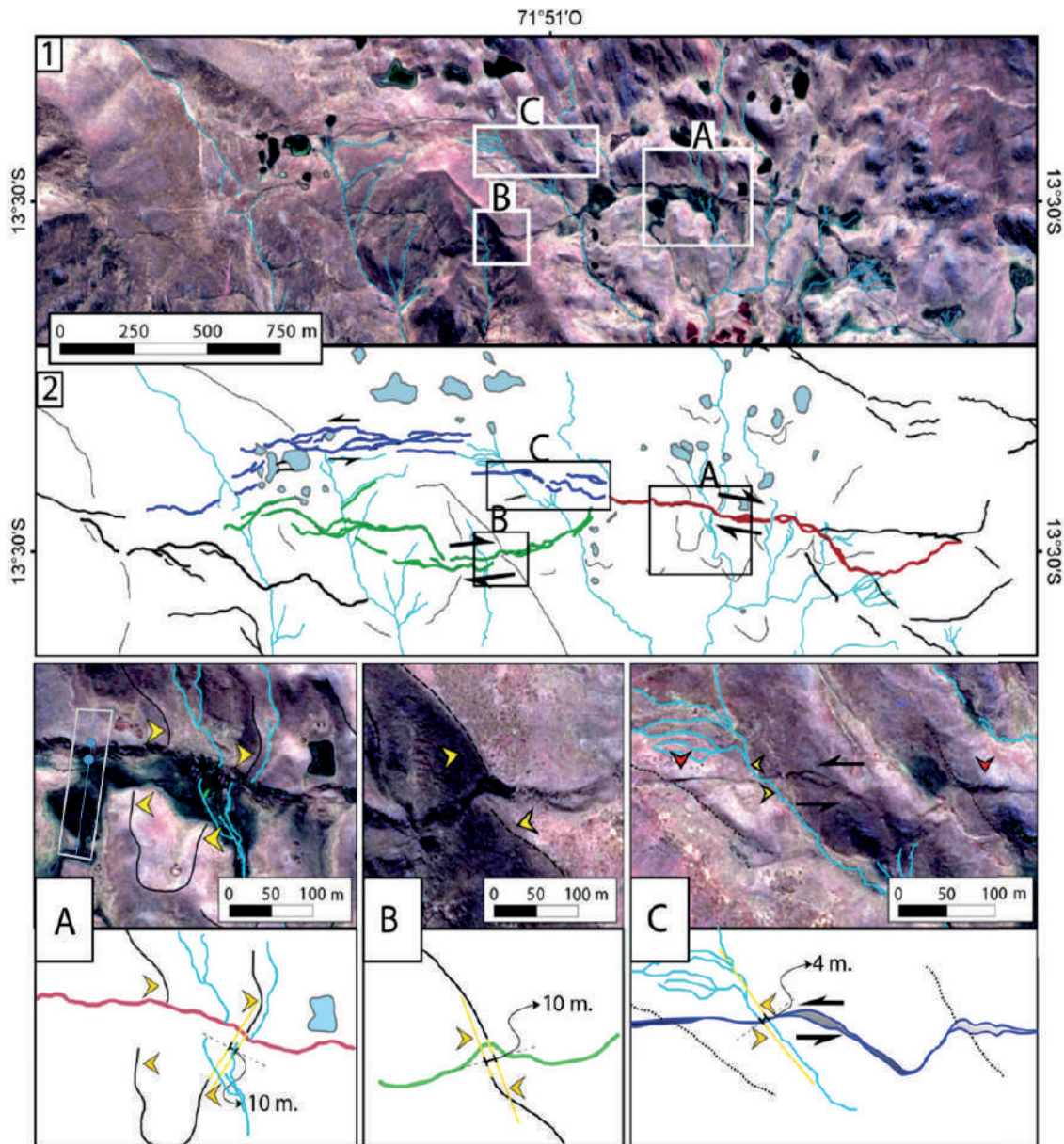


Figura 3. (1) Imagen satelital, base de la fotointerpretación morfoestructural, los recuadros blancos delimitan zonas en las cuales se ha observado claramente el movimiento tipo transcurrente. (2) Segmentos de falla cartografiados que muestran un sigmoide a gran escala donde el trazo de color rojo se bifurca en dos segmentos de falla paralelos (trazos azul y verde) y finalmente en la terminación oeste se juntan (trazo negro). (A) Imagen satelital y fotointerpretación de: una morrena (línea negra), drenajes (líneas celestes) desplazados, la línea de color rojo representa la falla, y las flechas amarillas señalan la dirección del desplazamiento lateral, (B) Imagen satelital y fotointerpretación de: una morrena (líneas negras) desplazada, la línea de color verde representa la falla, y las flechas amarillas señalan la dirección del desplazamiento lateral, (C) Imagen satelital y fotointerpretación de: sigmoides (polígonos grises), drenajes (líneas celestes), la línea de color azul representa la falla, y las flechas amarillas señalan la dirección del desplazamiento lateral.

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES:

- En el sector Huacoto, la actividad reciente de los segmentos de falla del sistema Pachatusan ha generado estructuras de deformación y desplazamientos característicos de ambientes tectónicos transtensivos. Nuestros resultados muestran que los movimientos más recientes son de tipo transcurrente con una componente de extensión, contrariamente a lo mostrado por Cabrera (1988) donde sugieren movimientos verticales puros.
- Con el cartografiado de la dinámica glacial, podemos sugerir que la actividad tectónica se ha desarrollado probablemente durante los últimos 14,000 años. Hipótesis a partir de correlaciones con el paisaje glaciar de la cordillera de Vilcanota-Ausangate y el Casquete glaciar de Quelcaya (Cabrera, 1988) Con la finalidad de obtener las edades de las morrenas, obtuvimos muestras de bloques de morrenas, que están siendo analizadas en laboratorio, estas nos permitirán obtener un slip rate conjuntamente con trabajos de paleosismología.
- El análisis de los desplazamientos, nos permite afirmar que, la actividad pre-holocena de las fallas consistió en movimientos de rumbo tipo dextral con un desplazamiento lateral acumulado de 10m, que afecta drenajes, morrenas laterales y depósitos cuaternarios. Posteriormente, durante el Holoceno, estas estructuras han experimentado movimientos de rumbo tipo sinistral, evidenciados en las estructuras en echelón y drenajes anastomosados, con un desplazamiento lateral acumulado de 4m (0.4 mm/yr). Por lo que, el desplazamiento lateral es más importante que el desplazamiento vertical acumulado de 8.5m.
- Nuestros resultados sugieren que, para analizar el peligro sísmico en Cusco, es necesario también generar escenarios con desplazamientos transcurrentes que, visto desde el punto de vista del potencial sismogénico, pueden generar sismos de magnitud mayor en comparación con fallas de tipo normal.

Aguirre Alegre, E. M. (2018). Estimación de la altura del escarpe en DEMs de alta resolución. Este congreso.

Benavente, C., Delgado, F., Taípe, E., Audin, L., & Pari, W. (2013). Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región del Cusco. Boletín N°55 Serie C, INGEMMET, Lima.

Burg, J. P. (2017). Strike-Slip and Oblique-Slip Tectonics.

Cabrera, J. (1988). Neotectonique et sismotectonique dans la Cordillere Andine au niveau du chagement de geometrie de la subduction: la region de Cuzco (Perou). These, Paris.

REFERENCIAS

Agisoft. (2018). Agisoft Photo Scan User Manual. Obtenido de Versión Professional Edition 1.4: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf