



XVIII Congreso Peruano de Geología

Análisis morfo–estructural cuantitativo en la falla activa Purgatorio–Mirave: antearco de los andes centrales – sur de Perú

Enoch Aguirre¹, Carlos Benavente¹, Swann Zerathe², Laurence Audin², Gabino Delgado¹ y Briant Garcia¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, Perú (enochmatthew@gmail.com)

² ISTerre, IRD, Universidad de Grenoble, Francia

1. Introducción

En el Sur del Perú, los estudios neotectónicos realizados por Sébrier et al. (1985) y Audin et al. (2006) concluyen en la presencia de fallas normales con componentes de rumbo, asociando esta deformación a periodos de extensión N-S. Estudios posteriores indican la presencia de fallas inversas con desplazamiento de rumbo (Benavente & Audin 2009), que son interpretadas o asociadas a regímenes transpresivos. Por consiguiente, continúa la controversia sobre el estilo de deformación del ante-arco del sur del Perú.

Una tarea pendiente es, hasta hoy, la cuantificación de la deformación y/o erosión en la zona de ante-arco, zona que se caracteriza por ser árida desde los últimos 22 Ma (Evenstar et al., 2005), y por ende tener una baja tasa de erosión, hecho que contribuye a mantener conservados en gran medida los indicadores de deformación reciente (fallas y pliegues).

En el presente trabajo, contribuimos con nuevos resultados, en base; al análisis y fotointerpretación de imágenes satelitales Pléiades (resolución de 0.56m); observaciones y medidas de micro–tectónica tomadas en campo; análisis de modelos digitales del terreno (digital elevation model DEM) generado a partir de imágenes satelitales Pléiades y LIDAR; y cálculo de la rugosidad del relieve; que nos permitieron cuantificar características morfo–estructurales de la falla Purgatorio–Mirave.

La falla Purgatorio–Mirave, se ubica en el piedemonte de la Cordillera Occidental en el sur de Perú, limita los andes de las pampas costeras, tiene una longitud de 50km que va desde la pampa Purgatorio hasta el poblado de Mirave, donde se extiende hasta el sistema de fallas Incahuasi. La falla afecta rocas del grupo Moquegua (Eoceno-Plioceno)

(Sempere et al., 2004) (Figura 1) y depósitos aluviales cuaternarios ubicados en el fondo de los valles (Figura 2), según la geología de la zona (Figura 3).



Figura 1. Escarpe de la falla Purgatorio-Mirave (segmento Este). La altura del escarpe es de 5m.



Figura 2. Depósitos aluviales deformados por actividad de la falla Purgatorio-Mirave.

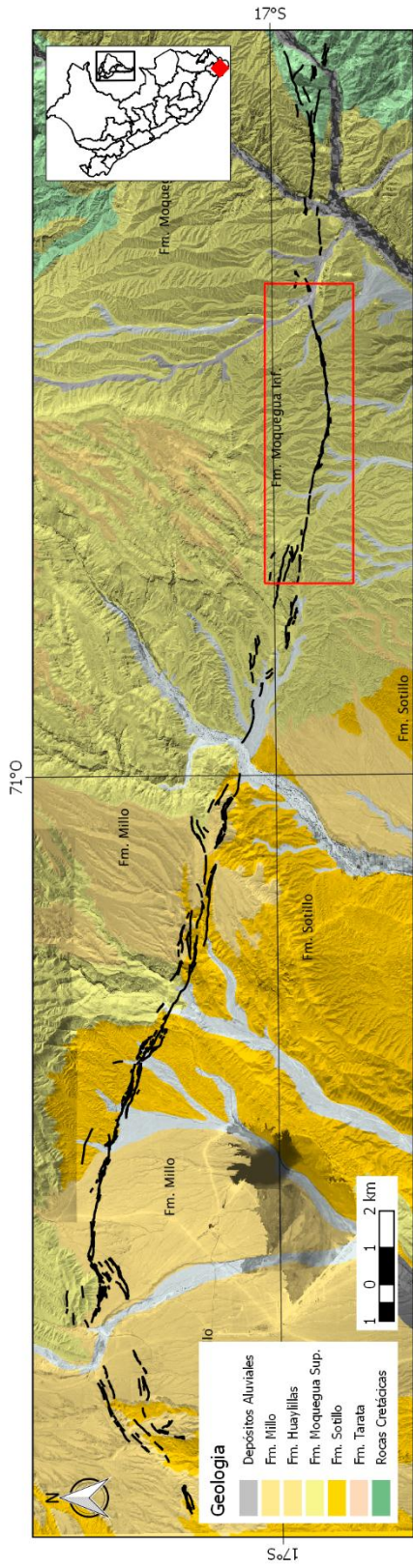


Figura 3. Detalle de la geología de la zona y el trazo de la falla Purgatorio-Mirave.

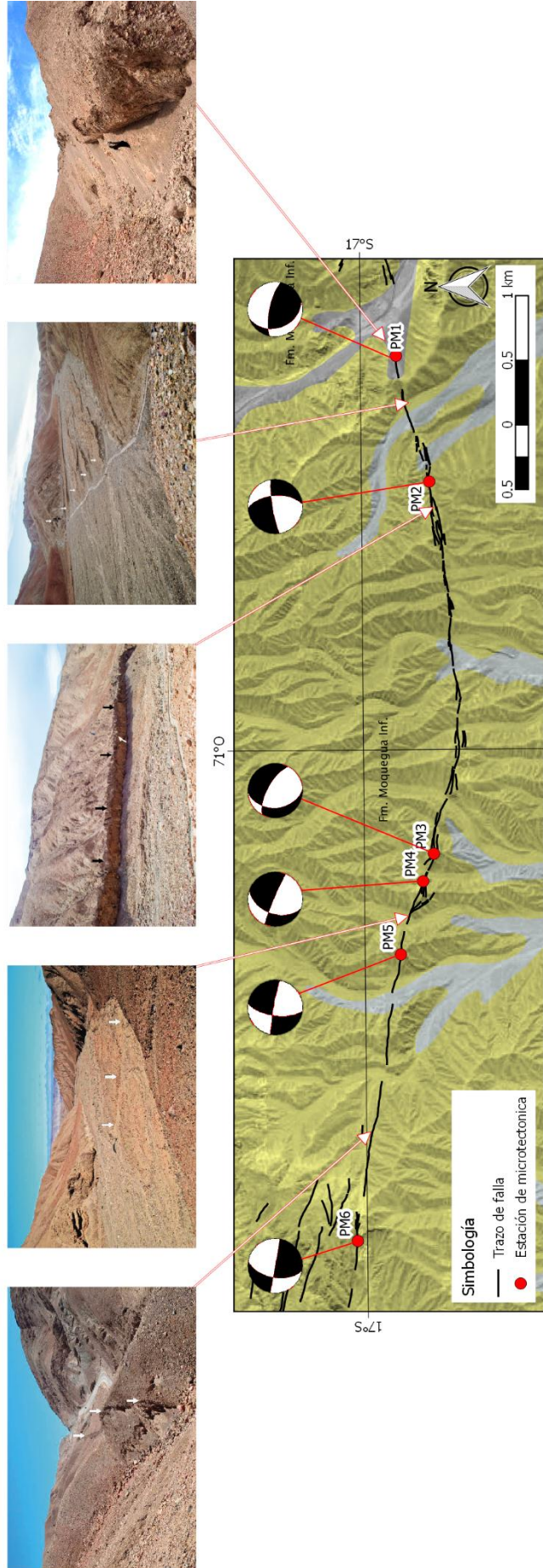


Figura 4. Ubicación de las estaciones de microtectónica en el segmento Este de la falla Purgatorio-Mirave

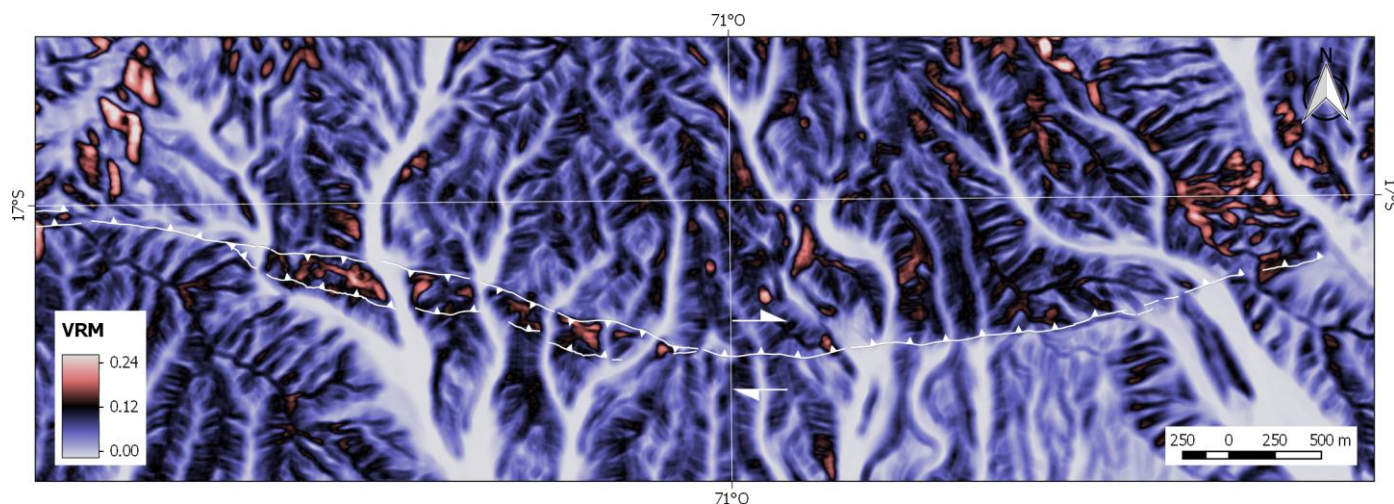


Figura 5. Mapa de segmento Este de la falla Purgatorio-Mirave, de tipo inversa con buzamiento al Norte; de fondo los valores del Vector Ruggedness Measure (VRM) obtenido del análisis del DEM generado a partir de imágenes satelitales Pléiades.

2. Análisis Morfo-estructural

Partiendo del análisis de 6 estaciones de micro-tectónica realizados a lo largo del segmento Este de la falla Purgatorio-Mirave (Figura 4), se registran 2 movimientos, las estaciones PM1, PM2 y PM6 muestran un movimiento sinistral, mientras que las estaciones PM3, PM4 y PM5 muestran un movimiento dextral inverso que viene a ser el más reciente según lo observado en campo.

Según los valores del Vector Ruggedness Measure (VRM) (Figura 5), que es un índice de medida de rugosidad del terreno propuesto por Hoffman & Krotkov (1989), se observa variabilidad local, donde los valores más altos se encuentran en el bloque norte con respecto a la falla. Este bloque norte con índices de mayor rugosidad, son consecuencia de la deformación producida por la actividad de la falla, se descarta la influencia litológica ya que ésta es homogénea en esta zona (Figura 3). Puntualmente hacia el oeste se ve una zona con altos valores de rugosidad, de forma alargada en dirección Este-Oeste restringida a segmentos de falla paralelos de tipo inverso con buzamiento opuesto uno al otro, delineando el pop-up en una estructura restraining step over, característico en un régimen transpresivo, que es concordante con las observaciones realizadas en campo.

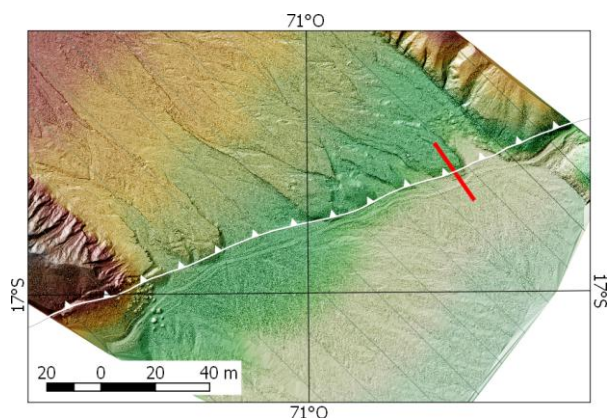


Figura 6. DEM de un depósito aluvial cortado por la falla Purgatorio-Mirave. La línea roja representa uno de los perfiles perpendiculares al trazo de falla (ver Figura 7).

Mediante el análisis de perfiles perpendiculares al escarpe de falla de tipo inverso (Avouac, 1993; Carretier, Ritz, Jackson, & Bayasgalan, 2002), evaluado sobre el DEM de un depósito aluvial, deformado por la actividad de la falla Purgatorio-Mirave, generado con LIDAR (Figura 6); se observan picos con pendientes mayores a 20%, que permite identificar cuatro reactivaciones, siendo el pico de mayor pendiente (en color rojo) el registro de su última reactivación, con ruptura superficial, para la que se delimita una altura de 0.79m (Figura 7); con este resultado, mediante los métodos de Stirling & Goded (2012) y Wells & Coppersmith (1994), que nos permite calcular las magnitudes máximas posibles de un evento sísmico asociado a la reactivación de una falla con ruptura superficial, se determinó que el último evento registrado, en el escarpe analizado, corresponde a un evento sísmico de magnitud máxima de 6.4Mw.

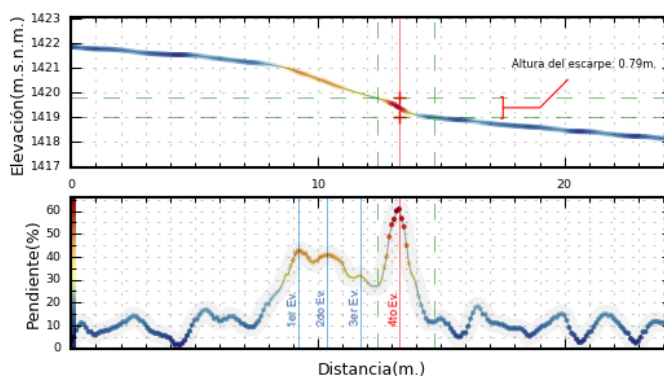


Figura 7. Análisis de pendientes del perfil del escarpe perpendicular al trazo de falla, se observa la sucesión de eventos en el análisis de pendientes (abajo), y el cálculo de la altura del escarpe del último evento (arriba)..

3. Conclusiones

El segmento Este de la falla Purgatorio-Mirave es una falla de tipo inversa con componente de rumbo dextral, el análisis multidisciplinario nos permitió determinar al menos 4 reactivaciones en los últimos 10 000 años. La última reactivación está asociada a una ruptura superficial de 0.79m, que corresponde a un sismo de magnitud 6.4Mw.

Referencias

- Audin, L., David, C., Hall, S. R., Farber, D. L., & Hérail, G. (2006). Geomorphic evidences of recent tectonic activity in the forearc, southern Peru. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, v. 61(4), p. 545-554.
- Avouac, J.-P. (1993). Analysis of Scarp Profiles: Evaluation of Errors in Morphologic Dating. *Journal of Geophysical Research*, v. 98(B4), p. 6745-6754.
- Benavente, C., & Audin, L. (2009). Geometría, morfología y peligro sísmico de la falla Purgatorio Mirave - Antearco del sur del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, v. 103(15), p. 15-26.
- Carretier, S., Ritz, J. F., Jackson, J., & Bayasgalan, A. (2002). Morphological dating of cumulative reverse fault scarps: Examples from the Gurvan Bogd fault system, Mongolia. *Geophysical Journal International*, v. 148(2), p. 256-277.
- Evenstar, L., Hartley, A., Rice, C., Stuart, F., Mather, A., & Chong, G. (2005). Miocene-pliocene climate change in the Peru-Chile desert. 6th International Symposium on Andean Geodynamics, Barcelona, p. 258-260.
- Hoffman, R., & Krotkov, E. (1989). Terrain Roughness Measurement from Elevation Maps. *SPIE v. 1195 Mobile Robots IV*, p. 104-114
- Sébrier, M., Mercier, J. L., Mégard, F., Laubacher, G., & Carey-Gailhardis, E. (1985). Quaternary normal and reverse faulting and the state of stress in the central andes of south Peru. *Tectonics*, v. 4(7), p. 739-780.
- Sempere, T., Fornari, M., Acosta, J., Flores, A., Jacay, J., Peña, F. D., Roperch, P., & Taibe, E. (2004). Estratigrafía, geocronología, paleogeografía y paleotectónica de los depósitos de antearco del sur del Perú. XII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. pp. 533-536.
- Stirling, M. W., & Goded, T. (2012). Magnitude Scaling Relationships. *GEM Faulted Earth & Regionalisation Global Components*.
- Wells, D. L., & Coppersmith, K. J. (1994). New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 84(4), p. 974-1002.