

## EXTENSIÓN EN EL ARCO VOLCÁNICO ACTUAL DEL SUR DEL PERÚ

Carlos Benavente<sup>1</sup>, Víctor Carlotto<sup>1</sup> y Boris del Castillo<sup>2</sup>

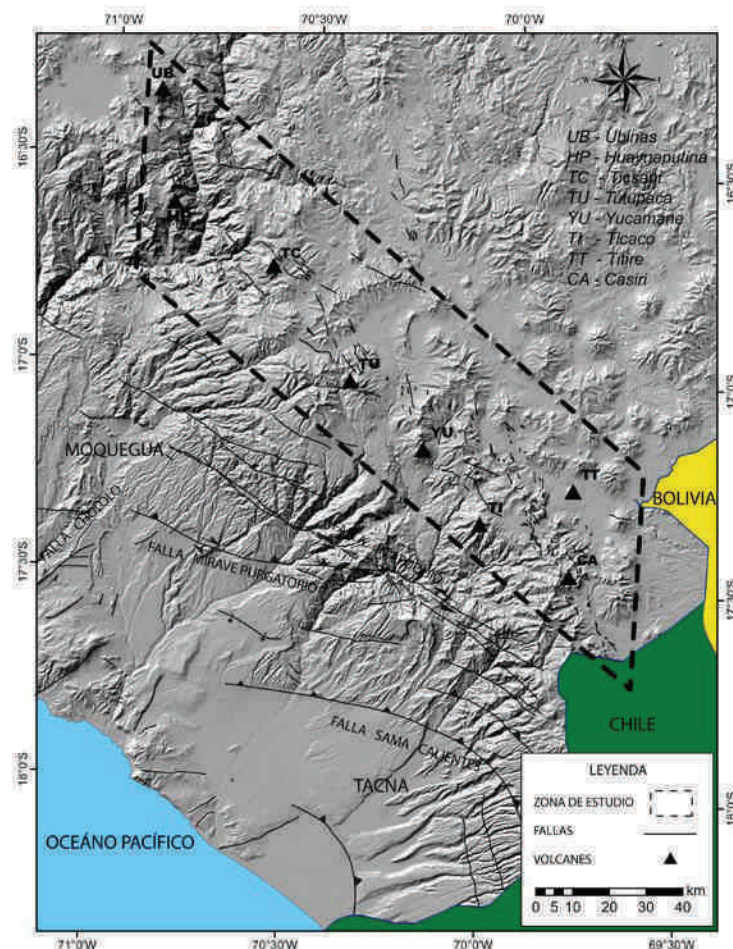
<sup>1</sup> INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima-Perú.  
Email. cbenavente@ingemmet.gop.pe

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

### INTRODUCCIÓN

Durante la última década un tema de investigación es el Arco Volcánico Actual de los Andes Centrales, donde en base al cartografiado de sus depósitos volcánicos, estratigrafía, geoquímica, geocronología y hasta la aplicación de métodos geodésicos como la interferometría radar (InSAR) y GPS diferenciales, se intenta explicar cuáles son los mecanismos que controlan dicha cadena volcánica.

El Arco Volcánico Actual del sur del Perú forma parte de la Cordillera Occidental, cuya elevación máxima es de 6000 m (Fig.1), este arco se ubica aproximadamente a 280 km de la fosa oceánica y se localiza a 115 km sobre el plano de Benioff-Wadati (Barazangi & Isacks, 1976). Esta cadena de volcanes esta representado por estratovolcanes con un cráter central y domos, además de pequeños conos monogenéticos de escorias de lavas asociados con flujos <5 000 B.P (De Silva y Francis, 1991). Los volcanes más activos y conocidos que se encuentran en el área de estudio son: el Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca y Yucamane.



En el INGEMMET venimos realizando trabajos de cartografiado de depósitos volcánicos, cartografiado estructural, geoquímica, así como también aplicaciones de métodos geodésicos como son la interferometría radar y la utilización de GPS diferenciales. Es así que, Gonzales (2006) identificó por medio de la interferometría radar utilizando datos ASAR del satélite ENVISAT, deformación superficial adyacente al

volcán Ticsani, deformación que coincide con fallas normales de direcciones NO-SE y buzamientos opuestos interpretadas de fotografías aéreas por Carlotto (2009). Mediante estos dos análisis llegan a la conclusión de que el área comprendido entre la laguna Suches, y el volcán Ticsani están bajo un régimen extensional.

Trabajos de campo recientes confirman que dicho sistema de fallas son de tipo normal, y que además no se restringen solo entre Suches y Ticsani, sino que se prolonga hasta la laguna Blanca, que se ubica en la frontera con Chile.

## RESULTADOS

En base a fotointerpretación, cartografía litológica y estructural en una escala de 1:25 000, ponemos en evidencia un sistema de fallas normales con componentes transcurrentes que se extienden desde el volcán Huaynaputina hasta laguna Blanca afectando lavas andesíticas del Pleistoceno (Fig. 2), depósitos aluviales y morrenas de la última glaciación. A continuación describimos algunas de las fallas de norte a sur.

En la margen izquierda el río Tambo al este del volcán Huaynaputina se observa una falla con el mismo rumbo del río (N160°) y buzamiento hacia el oeste, esta falla afecta depósitos aluviales y su escarpe de falla tiene una altura promedio de 15 metros. La característica de esta quebrada es el desarrollo de hasta 7 terrazas aluviales de tipo encajonado en la margen izquierda, estando ausentes en la otra margen. La incisión de esta quebrada es alta, de acuerdo al número de terrazas, ya que en el sur del Perú se correlacionan hasta 4 terrazas de tipo encajonado en ríos de la vertiente pacífica (Benavente et al., 2008; Hall et al., 2008), terrazas asociadas posiblemente a las glaciaciones. El proceso de incisión estaría relacionado con la actividad de la falla, ya que el movimiento de la falla normal provocaría la mayor incisión en el bloque techo, en este caso la margen derecha del río, generando mayor erosión hacia este lado de la quebrada.

En el área de la laguna de Suches observamos fallas normales con componente sinistral con una dirección promedio N140° y buzamientos opuestos formando grabens, las fallas con buzamiento hacia el suroeste tienen una longitud de hasta 19 km y generan un desnivel en la superficie de 20 m, mientras que las fallas con buzamiento hacia el noreste tienen una longitud que varían entre 1 km a 5 km y 5 metros de altura. Las fallas afectan lavas andesíticas datadas en 0.7 y 0.23 Ma (Fig. 2) por los métodos de K-Ar y Ar-Ar respectivamente por Tosdal et al. (2001). Además estas fallas afectan depósitos aluviales y fluvio-glaciares donde identificamos volcanes de arena conservados y alineadas con el mismo rumbo de las fallas, lo que nos estaría indicando la actividad de estas.

En los alrededores de la laguna Vilacota se pone en evidencia fallas normales con componente sinistral con un rumbo promedio N165° y buzamientos mayormente hacia el suroeste, la zona donde las fallas tienen su mayor expresión morfológica es al noreste de la laguna, en el flanco este del cerro Chinchillani, donde un grupo de 5 escarpes de fallas paralelas entre sí tienen 4 metros de alto y longitudes que varían entre 1 a 0.1 km afectando morrenas y depósitos fluvio-glaciares.

En el tramo Calachaca, Pampa Quesane y Casiri, el sistema de fallas se hace más continuo y se presentan tres sistemas de fallas normales con rumbos promedios N175°, N85° y N45°. Estos sistemas de fallas son de tipo normal con componente dextral y tienen buzamientos opuestos formando grabens. Las fallas generan desniveles en la superficie de hasta 5 m y longitudes que varían entre 5 a 0.1 km, afectando depósitos aluviales, fluvio-glaciares, eólicos, domos lávicos andesíticos y dacitas pleistocenas datadas en 0.1 Ma (Fig. 2) por el método K-Ar (OLADE, 1980).

Al noreste y suroeste de la laguna Paucarani, se pone en evidencia fallas normales con componentes dextrales y rumbo promedio de N175°, las fallas del sector noreste tienen longitudes que varían entre 0.5 a 0.1 km y con buzamiento hacia el suroeste, mientras que las fallas del sector suroeste tienen longitudes que varían entre 1.5 y 0.1 km con buzamiento hacia el noreste, formando un graben y siendo la laguna la parte más baja de esta estructura. Estas estructuras se prolongan hasta laguna Blanca.

Posteriormente al trabajo de campo, pasamos a limpiar los mapas de campo y utilizamos el programa FaultKinWin (Allmendinger, 2001) para el procesamiento de 210 medidas de estrías tomadas en 10

estaciones microtectónicas, determinando que el esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ) tiene una dirección que varía entre N12° a N25° (Fig.2) y dando como resultado un régimen tectónico extensivo. Además extrajimos muestras orientadas de los planos de falla donde no se pudieron observar estrías por erosión, esto con fines de realizar estudios de microtectónica utilizando secciones delgadas, estudio que se encuentra en curso.

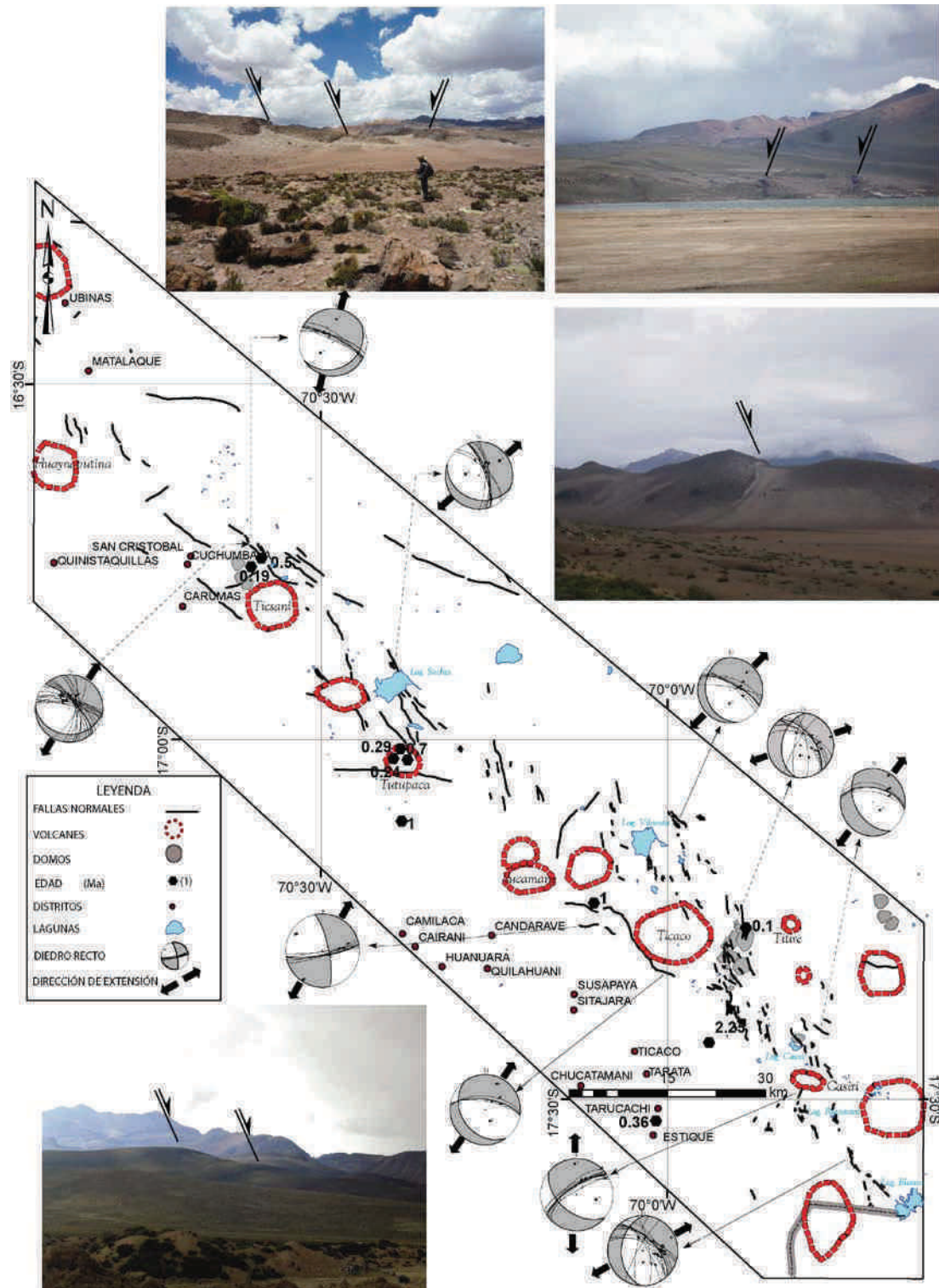


Figura 2. Mapa estructural del Arco Volcánico Activo del sur del Perú. Las dataciones fueron tomadas de la base de datos de Edades Radiométricas del Perú (INGEMMET, 2010).

## INTERPRETACIONES Y CONCLUSIONES

De acuerdo al cartografiado litológico y estructural a lo largo del Arco Volcánico Actual (160 km), ponemos en evidencia fallas normales cuaternarias y activas con buzamientos opuestos formando grabens en los sectores de Suches, Calachaca, Pampa Quesane, Casiri y Paucarani, determinando que el área de estudio es una zona de tectónica activa, afirmación que es respaldada por los estudios de sismicidad superficial puesta en evidencia por David (2007) e interferometría radar (Gonzales et al., 2009).

De las medidas de estrías podemos indicar que el área de estudio se divide en dos sectores, el primer sector corresponde a las fallas que afloran entre el volcán Huaynaputina y la laguna Viscachani, donde las fallas tienen un rumbo promedio de N135° y son de tipo normal con componente sinistral; mientras que las fallas del segundo sector que tienen un rumbo promedio de N175° están delimitadas desde Calachaca hasta laguna Blanca y son de tipo normal con componente dextral. Esta diferencia en la cinemática de las fallas es interpretada por la variación de los rumbos de las fallas, en la que se reactivan acomodando una deformación bajo un régimen tectónico de tipo extensivo donde la dirección del  $\sigma_1$  es aproximadamente N-S. Este estado de esfuerzos tectónicos es generado por el peso litosférico del Arco Volcánico Cuaternario y Actual (~60 km de espesor de corteza), donde hay un incremento en el esfuerzo vertical litosférico, el cual produce la compensación del esfuerzo generado por la subducción.

## REFERENCIAS

- Allmendiger, R. (2001). FaultKin for Windows v.12. for analyzing up to 1000 fault planes at a time for non-commercial use only.
- Barazangi W, Isacks BL (1976) Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology* 4:686–692
- Benavente E., C. L.; Audin, L.; Machare O., J. 2008. Evidencias geomorfológicas y estratigráficas de tectónica compresiva en el Pleistoceno superior en la zona pedemontana de Tacna, sur del Perú. Congreso Peruano de Geología, 14, Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- David, C. (2007). Deformación actual de ante-arco t del arco del Oroclino de los Andes Centrales. Tesis optar grado de Doctor en Ciencias mención Geología. Pp. 292
- De Silva, S.L., and Francis, P.E. (1991). *Volcanoes of the Andes*: Berlin, Springer-Verlag, 216 p.
- Gonzales, K.; Froger, J. L., Rivera P., Audin, L. 2006. Deformación co-sísmica producida por el sismo MB=5.4 del 01 de octubre de 2005 (Carumas-Moquegua), detectada por interferometría radar-INSAR. Congreso Peruano de Geología, 13, Resúmenes extendidos, pp. 488-489. Sociedad Geológica del Perú. Publicación Especial
- Hall, S.R., Farber, D.L., Audin, L., Finkel, R.C., Meriaux, A. (2008). Geochronology of pediment surfaces in Southern Peru: Implications for Quaternary deformation of the Andean forearc. *Tectonophysics* 459 (2008) 186–205
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). 1980: Resultados dataciones absolutas (K.Ar), Proyecto de investigación geotérmica de la República del Perú, P.10.
- Tosdal, R., Clark, A., Farrar E., (1984). Cenozoic poliphase and tectonic evolution of the Cordillera Occidental, southernmost Perú. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 95, p.1318-1332.
- Web INGEMMET (2010). Actualización de base de datos de Edades Radiométricas en el Perú (en línea), consulta 31 de mayo del 2010. Disponibles en Web <http://www.ingemmet.gob.pe/>.