

CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA OBSERVADA EN LA REGION DEL VOLCÁN TICSANI (MOQUEGUA) EN 2014

John Edward Cruz Igme - Observatorio Vulcanológico del Sur, Instituto Geofísico del Perú OVS-IGP (Perú)

1. Introducción

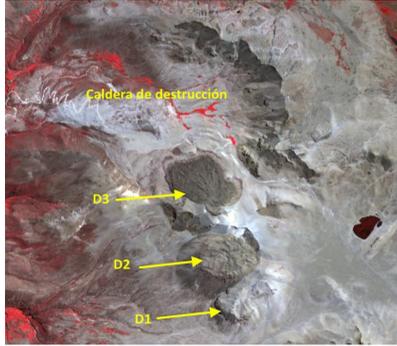


Figura 1. Caldera de destrucción, domos D1, D2 y D3 del volcán Ticsani.

El volcán Ticsani ($16^{\circ}45'3''S$, $70^{\circ}36'13''O$ 5133 msnm) es un estrato volcán perteneciente a la Zona Volcánica Central de los Andes. Se encuentra ubicado a 60 km al noreste de la ciudad de Moquegua, constituido por un complejo de domos (D1, D2, D3) de lavas andesíticas a dacíticas y una caldera de destrucción (Fig.1). La más reciente erupción del volcán Ticsani ocurrió hace menos de 400 años (Siebert et al., 2010), con un IEV entre 2 y 3 de tipo freatomagmática; en esta ocasión se emplazó el domo D3. El año 2014, el OVS-IGP decidió efectuar un estudio de la actividad sísmica, así como iniciar el monitoreo permanente del volcán Ticsani, para lo cual

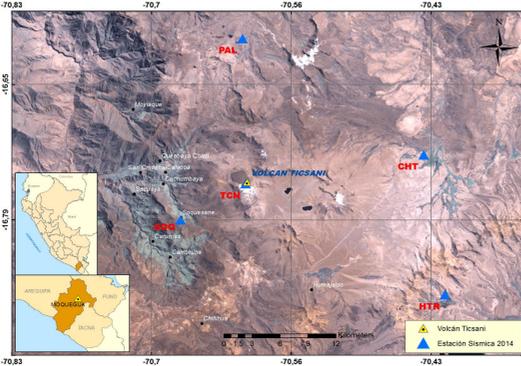


Figura 2. Mapa de distribución de estaciones sísmicas en la región del volcán Ticsani.

instaló una red de 5 estaciones sísmicas temporales (SOQ, PAL, CHT, HTR y TCN) en colaboración con la Universidad de Liverpool. Los instrumentos utilizados fueron sensores Lennartz LE-3D /1S LITE (1 Hz y 3C), 4 digitalizadores DATA CUBE³ y un digitalizador Guralp DM-24, dispuestos en un radio de 25 km. del volcán (Fig. 2). Los datos corresponden al periodo del 01 de mayo al 29 de setiembre del 2014.

2. Objetivos

- Identificar y clasificar el tipo las señales que generan la actividad sismo-volcánica mediante el análisis espectral y la forma de onda obtenidas.
- Determinar la distribución en superficie y en profundidad de la actividad sísmica y la relación con el sistema volcánico.
- Analizar los esfuerzos predominantes en la región del volcán Ticsani mediante el cálculo de mecanismos focales.
- Conocer la naturaleza y tipo de fuente que originan las diferentes señales analizadas.

3. Metodología

- Adquisición de datos y conversión a formato SAC.
- Análisis de datos mediante los programas "U_Clasificar", SAC, Hypoellipse, Seisan, que permiten obtener la clasificación, parámetros hipocentrales y calculo de los mecanismos focales para sismos energéticos.
- Con los resultados obtenidos se hace la interpretación, sugiriéndose un modelo explicativo de la sismicidad encontrada (Fig. 3).

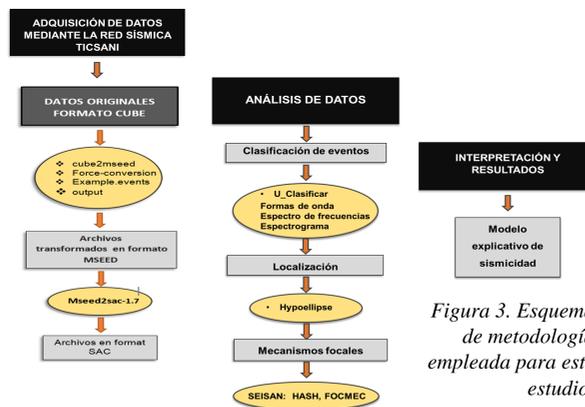


Figura 3. Esquema de metodología empleada para este estudio.

4. Resultados y Discusión

Sismos característicos y localización de eventos.- Se identificaron 2230 eventos sísmicos, de los cuales 2112 son sismos de fractura, con magnitudes entre 0.6 ML y 3.3 ML; asimismo se registraron 118 sismos relacionados al paso de fluidos (caracterizados por contener bajas frecuencias). Se localizaron 334 sismos de fractura con fases P-S claras usando el programa Hypoellipse (Lahr, J. 1999), observándose una notable concentración de focos a proximidad del domo D3, extendiéndose en dirección a los domos D2 y D1. En el mapa y los perfiles E-W y N-S de la figura 4 se ha planteado los 334 sismos, los cuales están distribuidos entre los 2,5 y 14 km de profundidad. Considerando que en un estudio reciente Lavallée et al. (2009) identificaron plenamente una importante falla F2 que cruza a los tres domos, hemos levantado un perfil sísmico B-B' perpendicular a esta falla. En este perfil, la sismicidad sigue un alineamiento con buzamiento de 70° al oeste (Fig. 5).

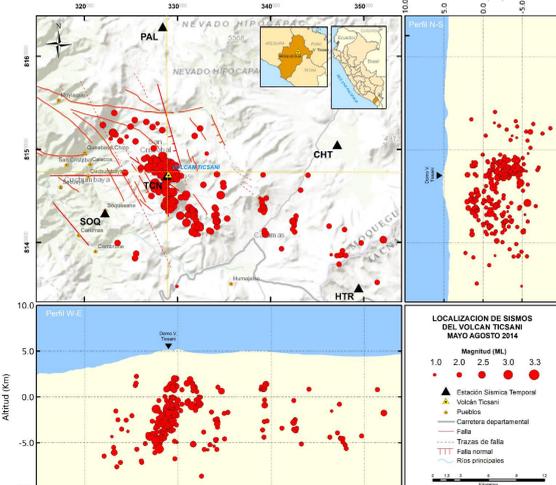
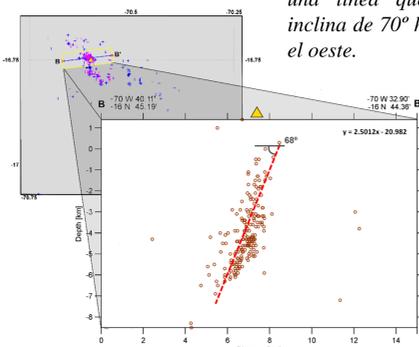


Figura 4. Mapa de distribución de sismicidad en superficie y en profundidad; se observa un agrupamiento de sismos por debajo del volcán.

Figura 5. Perfil sísmico B-B' que cruza al domo D3. La sismicidad se agrupa próxima a una línea que se inclina de 70° hacia el oeste.



Mecanismos focales.- Cinco sismos ubicados a proximidad del domo D3 presentan mecanismos equivalentes a fallamiento de tipo esencialmente normal con planos orientados en dirección N-S. También se observan tres sismos ubicados en el flanco oeste del volcán, que presentan mecanismos focales diversos (transcurrente, inverso y normal; Fig.6). Un último evento, situado al SE del mapa, es de fallamiento normal de orientación NS.

Ocurrencia de enjambres sísmicos.- Dos enjambres sísmicos con sismos de magnitudes menores a 3,3 ML se presentaron durante el tiempo de estudio. El primero, localizado en el domo D3, ocurrió el 24 de junio entre las 3 y 17 hrs (UTC), y el segundo el 26 de setiembre entre las 2 y 9 hrs (UTC) fue ubicado a 4.5km al SSE de D3 (cercañas de D1). Asimismo, al revisar la sismicidad ocurrida en 2005 también hemos encontrado que ocurrieron en enjambre. Por el contrario, los sismos ocurridos en 1999 corresponden a una típica sismicidad de tipo tectónico (mainshock-aftershock) (Fig. 7).

Modelo propuesto.- La sismicidad en enjambres es común en regiones próximas a volcanes activos (White, 2011; Zobin, 2012). Para el caso del volcán Ticsani, se observa que en los últimos 10 años hasta en tres oportunidades, ha ocurrido súbita sismicidad que duró horas o pocos días (Fig. 7), posiblemente generada o favorecida por ingreso abrupto de fluidos hidrotermales y/o volcánicos en el sistema de fallas y fisuras de la zona, causando cambios en el estado de equilibrio de esfuerzos tectónicos de la región La principal falla afectada sería la falla F2 estudiada por Lavallée et al (2009), para la cual este estudio ha determinado un buzamiento de 70° en dirección oeste. La figura 8 resume la sismicidad en relación a una posible estructura en la zona del volcán Ticsani.

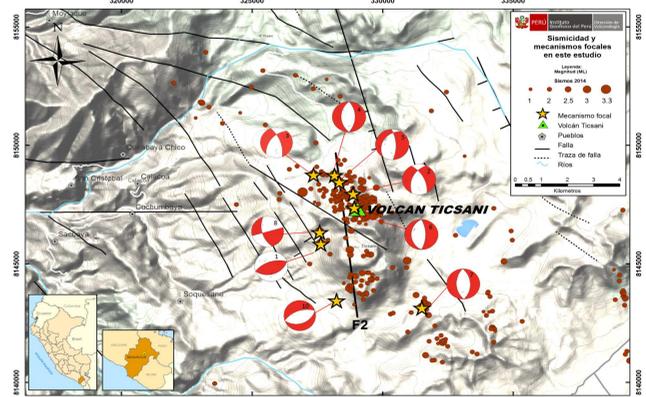


Figura 6. Mapa sísmico y mecanismos focales de los principales sismos. Se observa también las fallas determinadas por Lavallée et al (2009), donde destaca la falla F2.

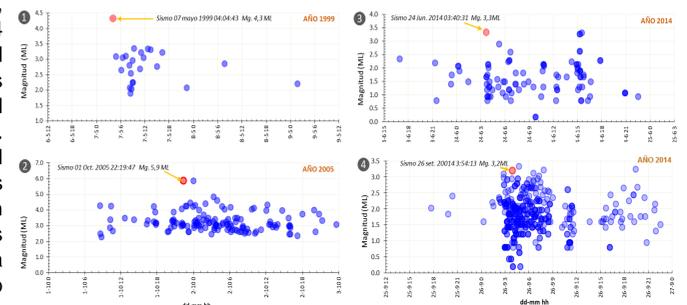


Figura 7. Tipos de sismicidad en la región del volcán Ticsani. (1)Secuencia mainshock-aftershock de mayo 1999. (2)Enjambre sísmico (136 eventos) de octubre 2005. (3)Enjambre (99 eventos) de junio 2014. (4) Enjambre (440 eventos) de setiembre 2014

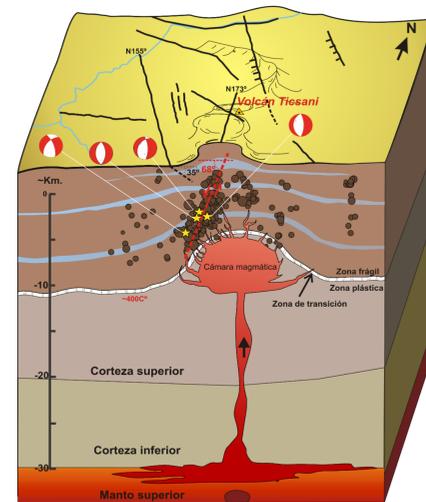


Figura 8. Esquema a partir de Fournier 1999 el cual explica la generación de los sismos de fractura debido a la presión de fluidos termales y/o volcánicos, y la interacción con una falla activa de tipo extensional, teniendo como resultado los enjambres sísmicos.

5. Conclusiones

La sismicidad dominante en la región del volcán Ticsani es de tipo fractura. En el periodo de observación se registró un total de 2230 sismos, de los cuales 2112 sismos (95%) son de fractura. Se registraron también 118 eventos de baja frecuencia.

Al localizar los sismos de fractura (334 eventos, con claras fases P y S, y de magnitudes de 0.6ML a 3.3ML) se observa que éstos se concentran siguiendo el alineamiento de los tres domos, con un mayor numero de sismos cerca a los domos D3 (domo reciente) y D1. La distribución hipocentral muestra un alineamiento con buzamiento de 70° al oeste.

Los mecanismos focales de sismos ubicados sobre el domo reciente son de tipo normal. Su ubicación y movimiento están acorde con la falla F2 estudiada por Lavallée et al (2009). Sobre el flanco oeste del volcán se observaron, también, tres sismos con mecanismos diversos que muestran lo complejo de la tectónica local.

Dos enjambres sísmicos ocurrieron durante el estudio. El 24 de junio 2014 un primer enjambre de 99 eventos ocurrió próximo al domo D3. El 26 de setiembre ocurrió el segundo enjambre de 440 eventos a proximidades del domo D1. Nueve años antes, en octubre 2005, se observó también enjambres sísmicos.

Para explicar la sismicidad que está ocurriendo en la zona del volcán Ticsani, proponemos que los eventos de fractura, en enjambre, ocurren como consecuencia de un abrupto ingreso de fluidos hidrotermales y/o volcánicos en la zona de la falla F2, causando cambios en el estado de equilibrio de esfuerzos tectónicos en esta región alto andina.

6. Referencias

- Siebert et al (2010). "Volcanoes of the world". Third edition. Smithsonian Institution, University of California Press.
- Lahr, J. (1999). Hypoellipse user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 99-23, On-Line Edition.
- Lavallée, Y., De Silva, S., Salas, G., & Byrnes, J. (2009). Structural control on volcanism at the Ubinas, Huaynaputina, and Ticsani Volcanic Group (UHTVG), southern Peru. Journal of Volcanology and Geothermal Research 186 (2009) 253–264.
- White R. (2011). "Monitoring volcanoes and forecasting eruptions". Volcano Observatory Best Practices Workshop: Eruption Forecasting, 11-15 September 2011, Erice, Italy.
- Zobin, V. (2012). General Properties of Volcano-Tectonic Earthquake Swarms. Introduction to Volcanic Seismology. Second edition, pp. 144-160. Elsevier, 482 p.
- Fournier R., (1999). Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic into Brittle rock in the Magmatic-Epithermal environment. Bulletin Society of Economic Geologists, p. 1205-1208.