



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



**SISMO DE CABANAONDE – PINCHOLLO  
DEL 8 DE OCTUBRE, 2021 (M5.5)  
(Región Arequipa)**

Informe Técnico N°026-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú  
Octubre, 2021

## **Instituto Geofísico del Perú**

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

## **Informe Técnico**

Sismo de Cabanaconde – Pinchollo del 8 de octubre 2021 (M5.5) – Región Arequipa

## **Autores**

Hernando Tavera

Estela Centeno

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169 Mayorazgo  
Teléfono: 51-1-3172300

**SISMO DE CABANACONDE – PINCHOLLO DEL  
8 DE OCTUBRE 2021 (M5.5)  
(Región Arequipa)**

Lima – Perú  
Octubre, 2021

## **RESUMEN**

El 8 de octubre 2021 ocurre un sismo de magnitud M5.5 con epicentro a 8 km al sur-oeste de la localidad de Pinchollo (provincia de Caylloma – región Arequipa). Este sismo tuvo su origen en la reactivación temporal del extremo Este de la falla El Trigal, como parte del sistema de fallas Huambo – Cabanaconde. Asimismo, el evento sísmico fue precedido por al menos 58 eventos precursoros en las primeras 12 horas previas a la ocurrencia del sismo principal, presentando uno de ellos una magnitud de M4.2. Posterior al sismo principal, y hasta las 14 horas del día 9 de octubre, ocurrieron 34 réplicas y al menos 3 de ellas, presentaron magnitudes entre M4.1 y M4.4.

Esta actividad sísmica no tiene relación con una posible reactivación de los volcanes Sabancaya, Ampato o Hualca-Hualca. Por el momento, las fallas tectónicas y las estructuras volcánicas, desarrollan procesos completamente independientes.

Los niveles de sacudimiento del suelo producidos por este sismo y otros ocurridos en la zona del cañón del Colca, han afectado únicamente a viviendas construídas con adobe y piedras; además de haber producido procesos de deslizamientos de diversos volúmenes de tierra y piedras.

## **INDICE**

### **RESUMEN**

#### **1.- INTRODUCCIÓN**

#### **2.- TECTÓNICA LOCAL**

#### **3.- EL SISMO DEL 8 DE OCTUBRE, 2021**

##### **3.1.- Parámetros hipocentrales**

##### **3.2.- Intensidades**

#### **4.- PRECURSORES Y RÉPLICAS**

#### **5.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA**

### **CONCLUSIONES**

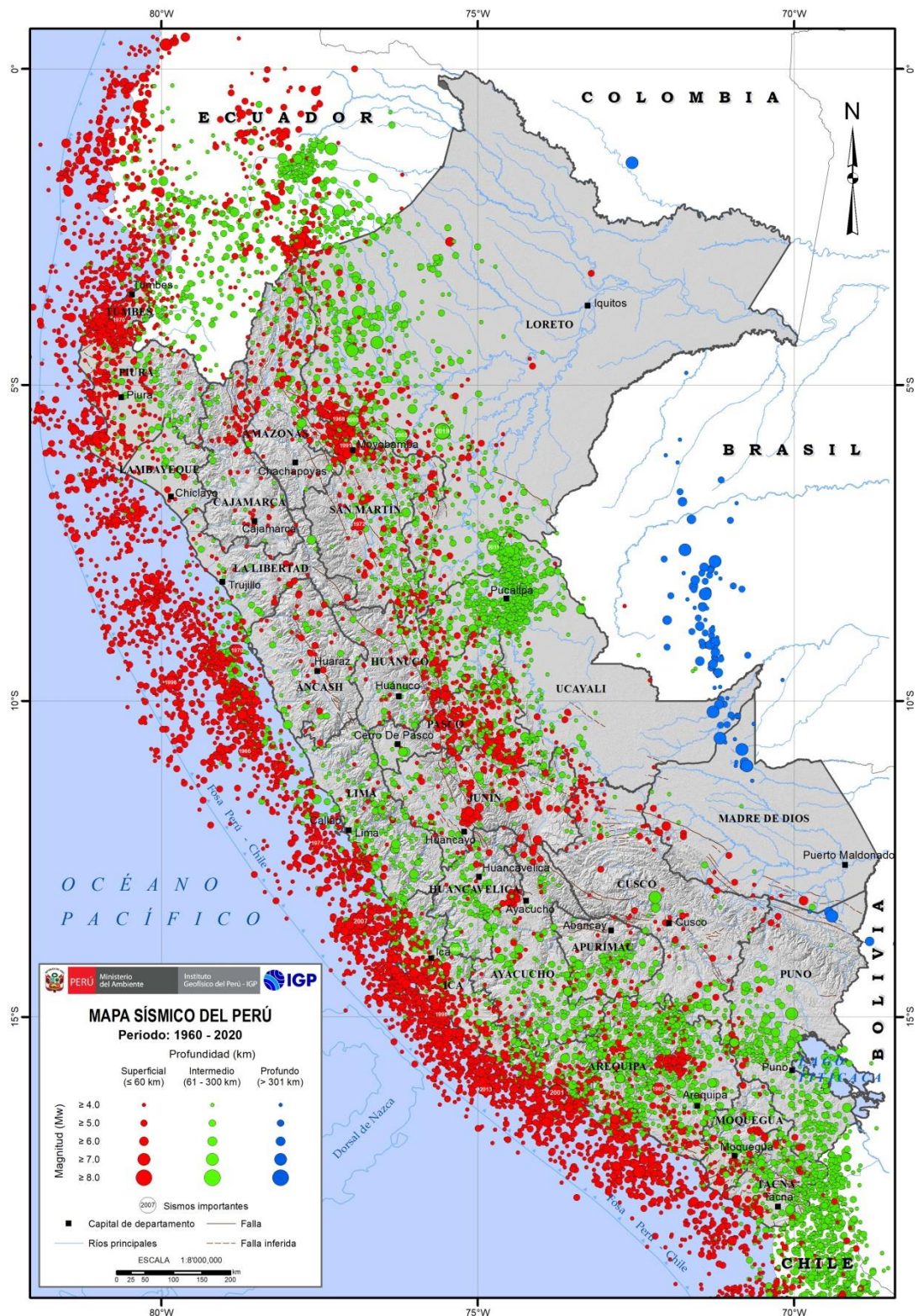
### **BIBLIOGRAFIA**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

En el borde occidental de América de Sur se desarrolla el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y en el caso del Perú, se realiza a una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999). Este proceso es responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente sobre todo el territorio peruano y de la ocurrencia de sismos de diversas magnitudes y focos ubicados a variadas profundidades con origen en tres fuentes sismogénicas: la fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera y deformación cortical a niveles superficiales.

En Perú, la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y debido a la mejor cobertura de la Red Sísmica Nacional (RSN) a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), cada año se registra y reporta un promedio de 800 sismos cuyos sacudimientos del suelo son percibidos en superficie por la población. En la actualidad, el análisis de la distribución espacial de la sismicidad en el Perú (Figura 1) ha permitido identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas, todas descritas ampliamente por Tavera y Buforn (2001) y Bernal y Tavera (2002). En este sentido, los sismos con magnitudes mayores a M7.0, son menos frecuentes y cuando ocurren cerca de la superficie, debido a la fricción de placas, producen importantes niveles de sacudimiento del suelo en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 (M8.2) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 (M8.0).

Los sismos con origen en los procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales son menos frecuentes, pero cuando ocurren, producen daños de consideración en áreas relativamente pequeñas, por ejemplo los sismos del Alto Mayo (San Martín) del 30 de Mayo de 1990 (M6.0) y 5 de



**Figura 1:** Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2020. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

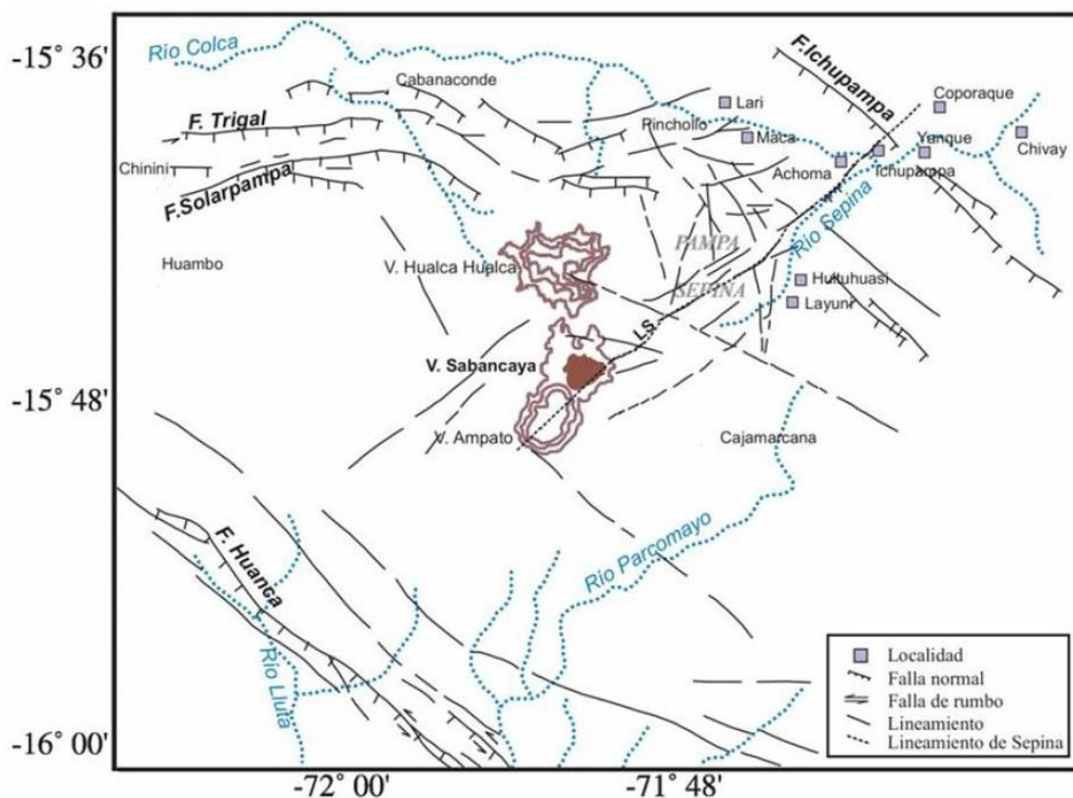
Abril de 1991 (M6.5); asimismo, los sismos ocurridos el sismo del 12 de Abril de 1998 (M5.2) y 17 de julio del 2013 (M5.7) con origen en la reactivación temporal de la falla Huambo - Cabanaconde. En general, los efectos producidos por estos eventos consideran daños mayores en viviendas de adobe y piedra, además de deslizamientos de piedras y tierra en zonas de pendiente alta

En la región sur del Perú, el día 08 de octubre del 2021 ocurre un sismo de tipo cortical con una magnitud moderada de M5.5 y epicentro ubicado a 8 km al SO de la localidad de Pinchollo (provincia de Caylloma – región Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 10 km (foco superficial) y los niveles de sacudimiento del suelo afectaron a las localidades de Cabanaconde y Pinchollo, en donde evaluaron intensidades en la escala de Mercalli Modificada de  $I_{max}=V-VI$ .

En este informe se presenta y se describe los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, eventos precursoros y réplicas, así como su interpretación sismotectónica

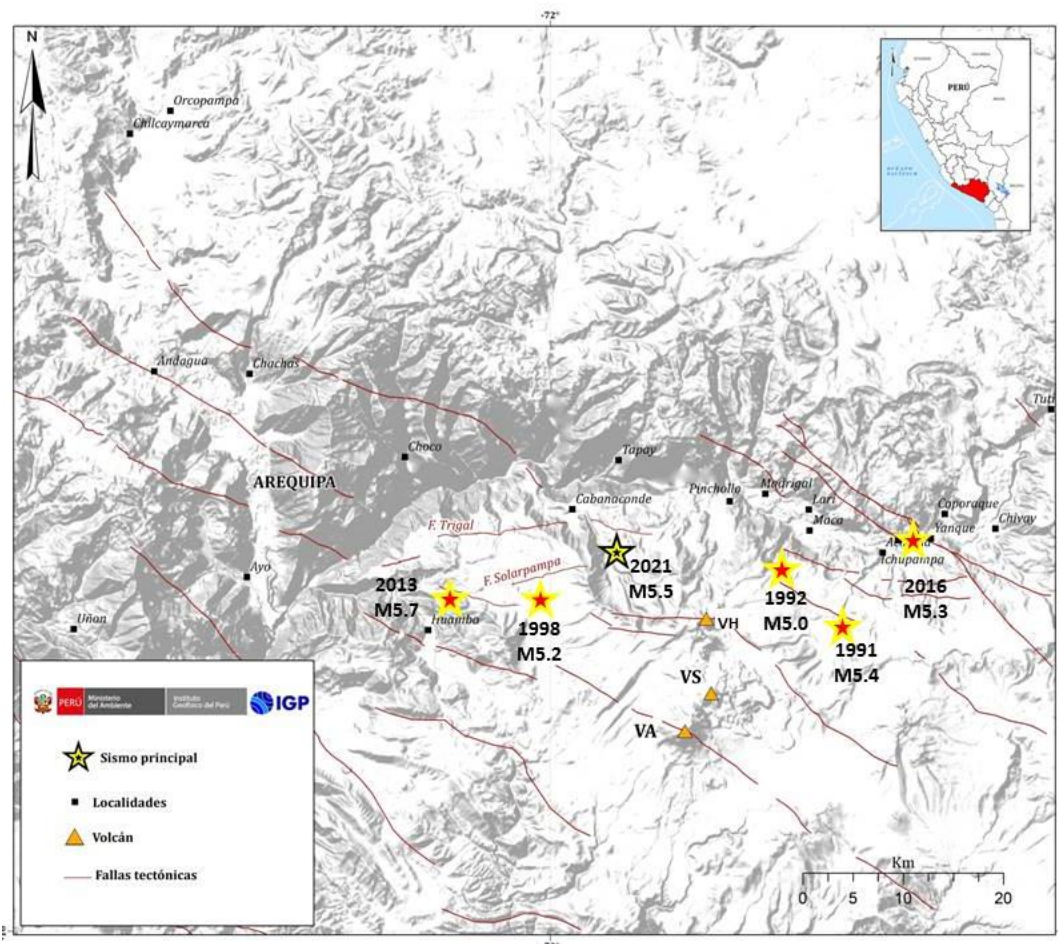
## 2.- TECTÓNICA LOCAL

La región del Cañón del Colca, se encuentra bordeada de importante actividad tectónica reciente, la misma que fue puesta en evidencia por Huamán et al (1993) y Huaman et al (1995) a partir del análisis e interpretación de imágenes de satélite Landsat MSS y observaciones de campo. El resumen de estas investigaciones se presenta en la Figura 2 y en ella, se observa la presencia de una importante deformación tectónica local representada principalmente por las fallas de Ichupampa, Huanca y el sistema Huambo- Cabanaconde, en donde sobresalen las fallas de Solarpampa y Trigal. Estas trazas de falla de tipo normal, se encuentran ubicadas en los extremos NE, SO y NE del complejo volcánico Ampato-Sabancaya - HualcaHualca (Sébrier, 1985). Asimismo, en la Figura 2 se observa la presencia de un importante número de lineamientos que sustenta el desarrollo altos índices de deformación local con la ocurrencia de importante actividad sísmica.



**Figura 2:** Principales sistemas de fallas y lineamientos en la región del Cañón del Colca

Los sismos más recientes ocurridos en esta región fueron en los años 1991, 1992, 1998, 2013 y 2016 (Figura 3). El primer sismo ocurrió el 23 de Julio de 1991 con una magnitud de M5.4 (foco a 4 km de profundidad) y epicentro a 6 km al SE de la localidad de Maca. Este sismo produjo en superficie importantes asentamientos y deslizamientos de tierra, además de numerosos desprendimientos de roca a lo largo de las pendientes del río Colca. Las localidades más afectadas, fueron las de Lari y Maca, en donde el 20% y 80% de las viviendas fueron destruidas, además de 14 personas fallecidas y numerosos heridos. La evaluación de daños permite considerar que estas localidades soportaron una intensidad máxima de VIII grados en la escala de Mercalli Modificada (Rodríguez y Huamán, 1992).



**Figura 3:** Distribución epicentral de los sismos de Maca, Sepina, Cabanacone-Huambo, Huambo, Ichupampa y Cabanaconde-Pinchollo ocurridos en los años 1991, 1992, 1998, 2013, 2016 y 2021. VA: volcán Ampato, VS: volcán Sabancaya, VH: volcán Hualca-Hualca.

El segundo sismo ocurrió el 01 de Febrero de 1992 con una magnitud de M5.0 y foco a 5 km de profundidad. El epicentro del sismo fue localizado a 3 km al NO de las localidades de Hituhuasi y Visconoja en Pampa Sepina. Este sismo fue seguido por un importante número de réplicas y produjo la caída de rocas y asentamientos de tierras en el valle de Sepina. Las localidades más afectadas fueron Huituhuani, Sahuana y Layuni, donde la intensidad máxima llegó a VI MM (Antayhua y Tavera, 2002).

El tercer sismo ocurrió el 12 de Abril de 1998 con una magnitud de M5.2 y epicentro localizado a 9 km al sur de la localidad de Cabanaconde y a 13 km al NE de Huambo. Este sismo no produjo daños personales; sin embargo, casi el 50% de las viviendas de ambas localidades fueron dañadas y destruidas debido a la precariedad de sus construcciones (adobe y piedras). Además, algunas carreteras fueron interrumpidas por la caída de rocas y tierra. Las localidades más afectadas fueron las de Huambo, Cabanaconde, Tapay y Choco, las mismas que soportaron intensidades máximas de V (MM).

El cuarto sismo ocurrió el 17 de julio del 2013 con una magnitud M5.7 y epicentro localizado a 9 km al NE de la localidad de Huambo y a una profundidad de 7 km. El sismo produjo intensidades en la escala de Mercalli Modificada de VI (MM) en las localidades de Huambo y Cabanaconde, llegándose a evaluar el derrumbe de 35 casas de adobe y piedras; además de otras 80 con rajaduras. Le siguieron al sismo el deslizamiento de piedras y tierra en zonas de pendiente alta que afectaron principalmente a las carreteras.

Finalmente, el sismo del 15 de agosto del 2016 con una magnitud M5.3 y epicentro localizado a 10 km al oeste de la localidad de Chivay y a una profundidad de 8 km. El sismo produjo intensidades de VI (MM) en las localidades de Maca, Yanque, Achoma e Ichupampa. El sacudimiento del suelo produjo el colapso de una gran número de viviendas de adobe y

piedras, llegándose a contabilizar el fallecimiento de 4 personas y un número importante de heridos.

El 08 de octubre de 2021, el ramal Este de la falla El Trigal, sistema de fallas Huambo-Cabanaconde, se reactivó con la ocurrencia de un sismo de magnitud M5.5, el mismo que fue precedido y seguido por otros de menor magnitud, cuyas características se analiza y evalúa a continuación

### **3.- SISMO DEL 08 DE OCTUBRE, 2021**

#### **3.1.- Parámetros hipocentrales**

Los parámetros hipocentrales del sismo del 08 de octubre del 2021 fueron obtenidos utilizando informaciones de la Red Sísmica Nacional y de la Red Geofísica de volcanes administradas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), siendo los resultados obtenidos y reportados por el Centro Sismológico Nacional del IGP, los siguientes(Figura 4):

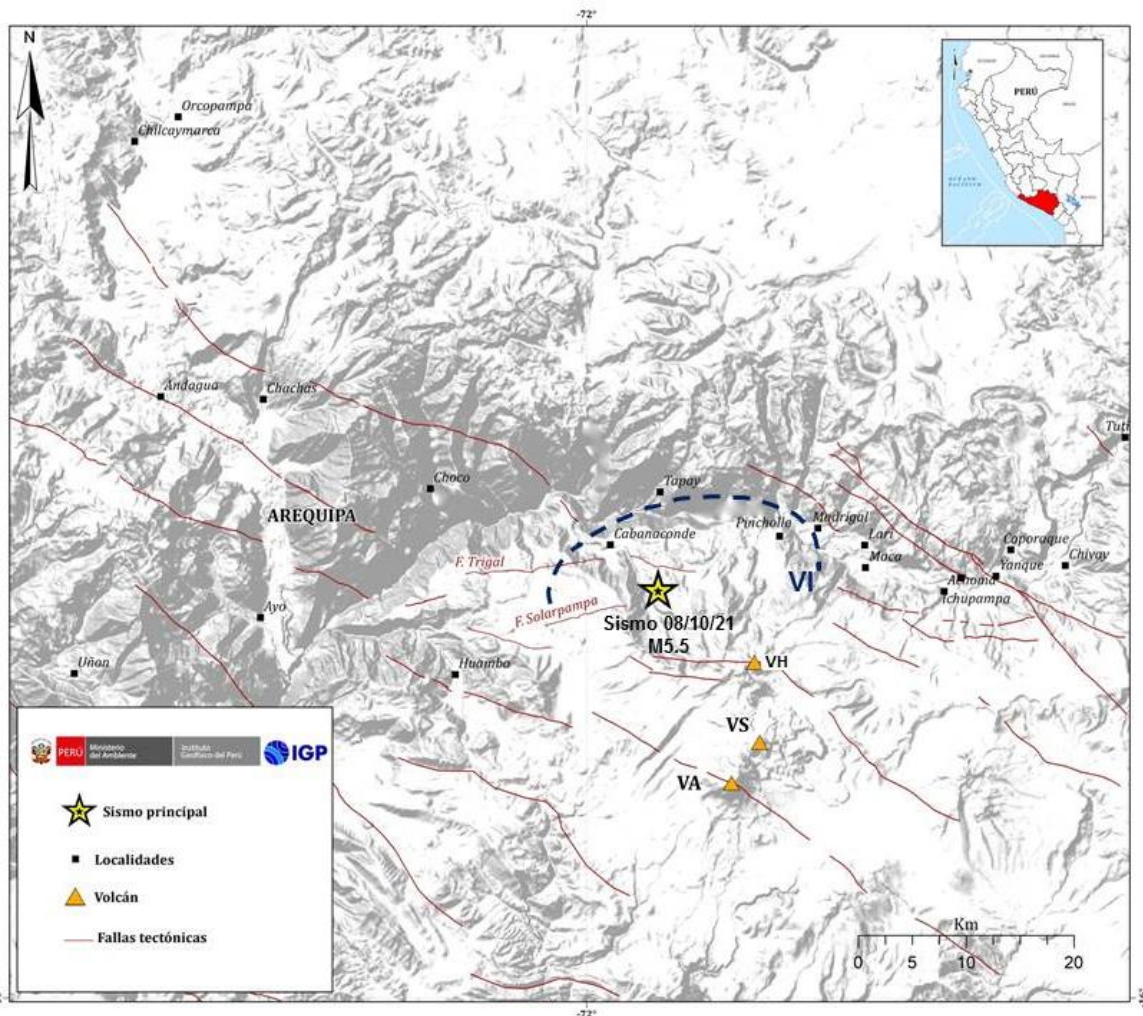
Tiempo Origen: 04h 47min del día 09 de octubre, 2021 (Hora Universal)  
23h 47min del día 08 de octubre, 2021 (Hora Local)  
Latitud Sur: -15.67°  
Longitud Oeste: -71.88°  
Profundidad: 10 km  
Magnitud: M5.5  
Epicentro: A 8 km al SO de Pinchollo (Arequipa)  
Intensidad Máxima: V-VI en la escala MM en Pinchollo y Cabanaconde

De acuerdo a estos resultados, el sismo presenta su epicentro en el extremo Este de la falla El Trigal, siendo la misma parte del sistema de fallas Huambo – Cabanaconde. Asimismo, el sismo ocurrió a una profundidad superficial (10 km), típico de los sismos que históricamente han ocurrido en la zona debido a la reactivación temporal de fallas tectónicas.

#### **3.2.- Intensidades**

Después de ocurrido el sismo de Cabanaconde - Pinchollo, se realizó la evaluación del radio de percepción del sacudimiento del suelo y los posibles daños y efectos que el sismo podría haber producido en el entorno de su epicentro. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) a cargo del Instituto Geofísico del

Perú (IGP), mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de cada área urbana y la información obtenida fue interpretada con la escala de Mercalli Modificada (Figura 4):



**Figura 4:** Ubicación epicentral del sismo del 8 de octubre de 2021 (M5.5) y valores de intensidad en la escala Mercalli Modificada. VA: volcán Ampato, VS: volcán Sabancaya, VH: volcán Hualca-Hualca.

*Pinchollo, Cabanaconde y Madrigal (Intensidad VI-MM):* El sacudimiento del suelo fue intenso y causó pánico en toda la población que salieron a las calles. Se produjo el derrumbe de paredes de algunas casas de adobe, además de rajaduras de muros en otras viviendas de Madrigal y Cabanaconde. Asimismo, se produjo la caída de piedras en vías de carreteras.

*Maca, Ichupampa y Chivay (Intensidad V-MM):* El movimiento intenso del suelo fue percibido por toda la población. Fuerte vibración de ventanas y puertas con caída de objetos.

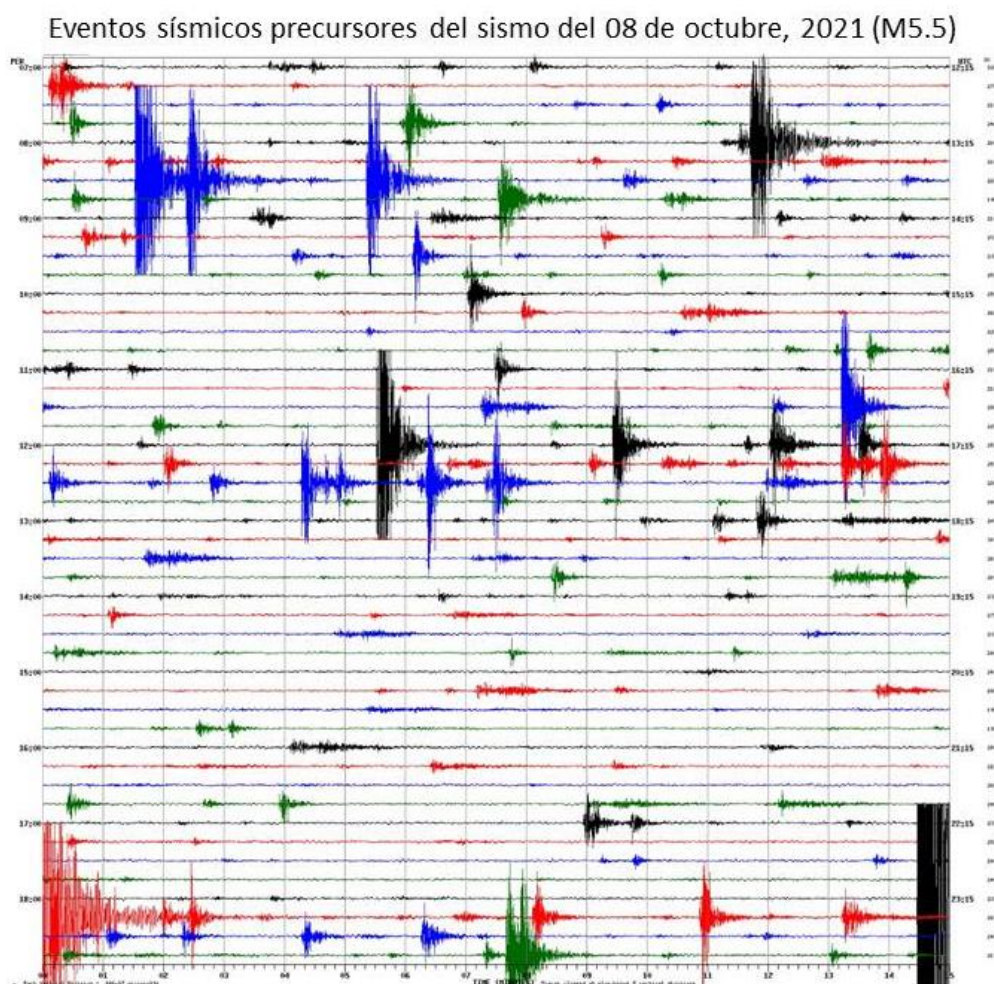
De acuerdo a lo indicado, en general los daños observados en la zona epicentral se han producido en viviendas que aun mantienen la construcción tradicional de zonas andinas; es decir, viviendas de adobe. Estas viviendas presentan paredes con fisuras y otras con colapsos parciales, escenarios que no causaron daños a la población. Del mismo modo, en zonas de alta pendiente se han producido deslizamientos de piedra y tierra, afectando principalmente las carreteras (Figura 5).



**Figura 5:** Daños en viviendas de adobe en las localidades de Cabanaconde y Pinchollo, así como escenarios donde se han producido la caída de piedras y tierra afectando a las carreteras.

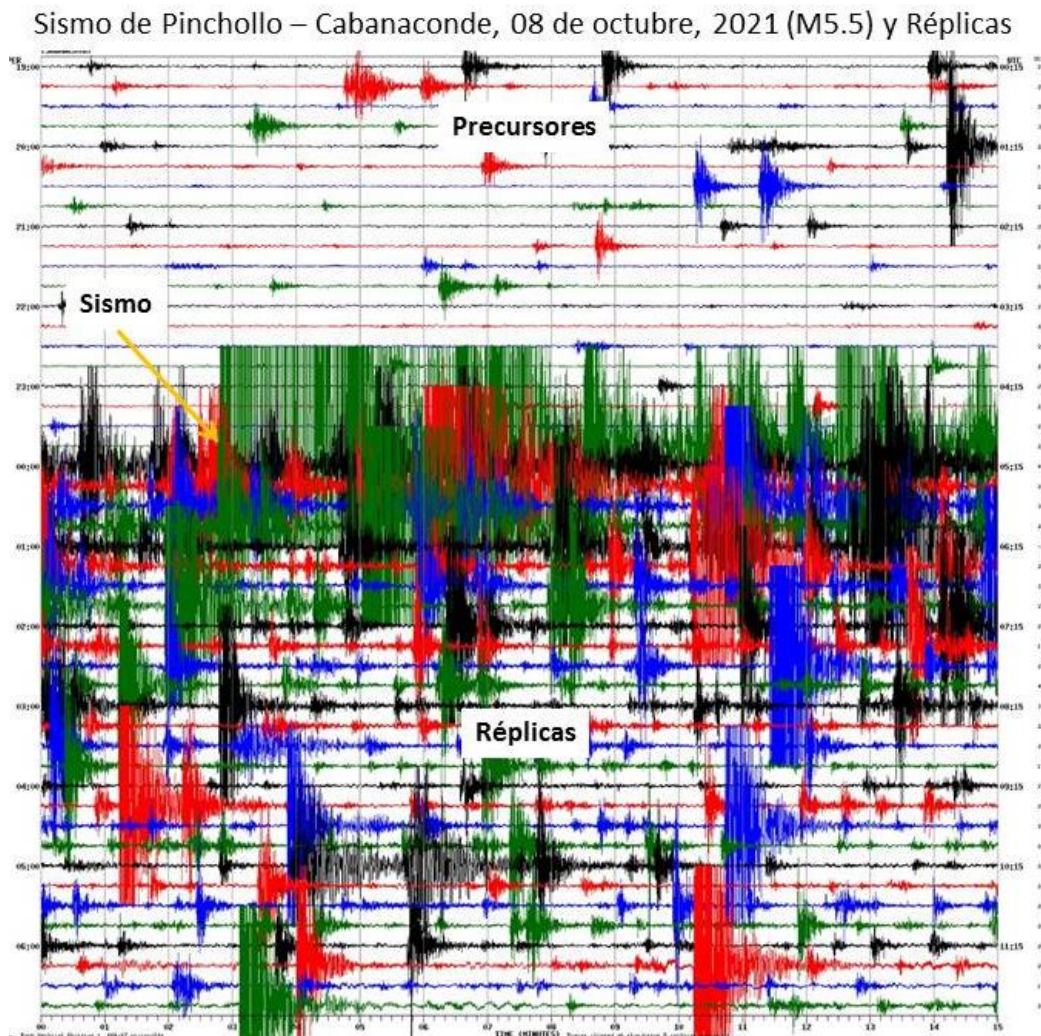
#### 4.- PRECURSORES Y RÉPLICAS

El sismo de Pinchollo - Cabanaconde del 08 de octubre de 2021, fue precedido por un gran número de eventos precursores de variada magnitud, tal como se aprecia en la Figura 6, la misma que corresponde a las señales registradas durante el día 8 de octubre en la estación SAB0 ubicada a 15 km aproximadamente en dirección SE de la zona epicentral. Los eventos precursores fueron del orden de 58 y de ellos, solo uno presentó una magnitud de M4.2 que produjo en las localidades de Cabnaconde, Huambo, Maca e Ichupamapa intensidades de IV (MM), pero sin producir daños en superficie.



**Figura 6:** Sismograma de la estación SAB0 ubicada a 15 km de la zona epicentral. Obsérvese el registro de eventos sísmicos precursores ocurridos durante el día 8 de octubre 2021. Estos eventos presentaron magnitudes menores a M4.0.

Después de ocurrido el sismo de magnitud M5.5, le siguieron un gran número de réplicas y de ellas, tres (3) presentaron magnitudes entre M4.2 – M4.4 llegando a generar alarma en la población (Figura 7). Hasta las 14 horas del día 9 de octubre se han registrado 34 réplicas y de ellas, solo 12 fueron reportadas por haber sido percibidos en superficie por la población local.

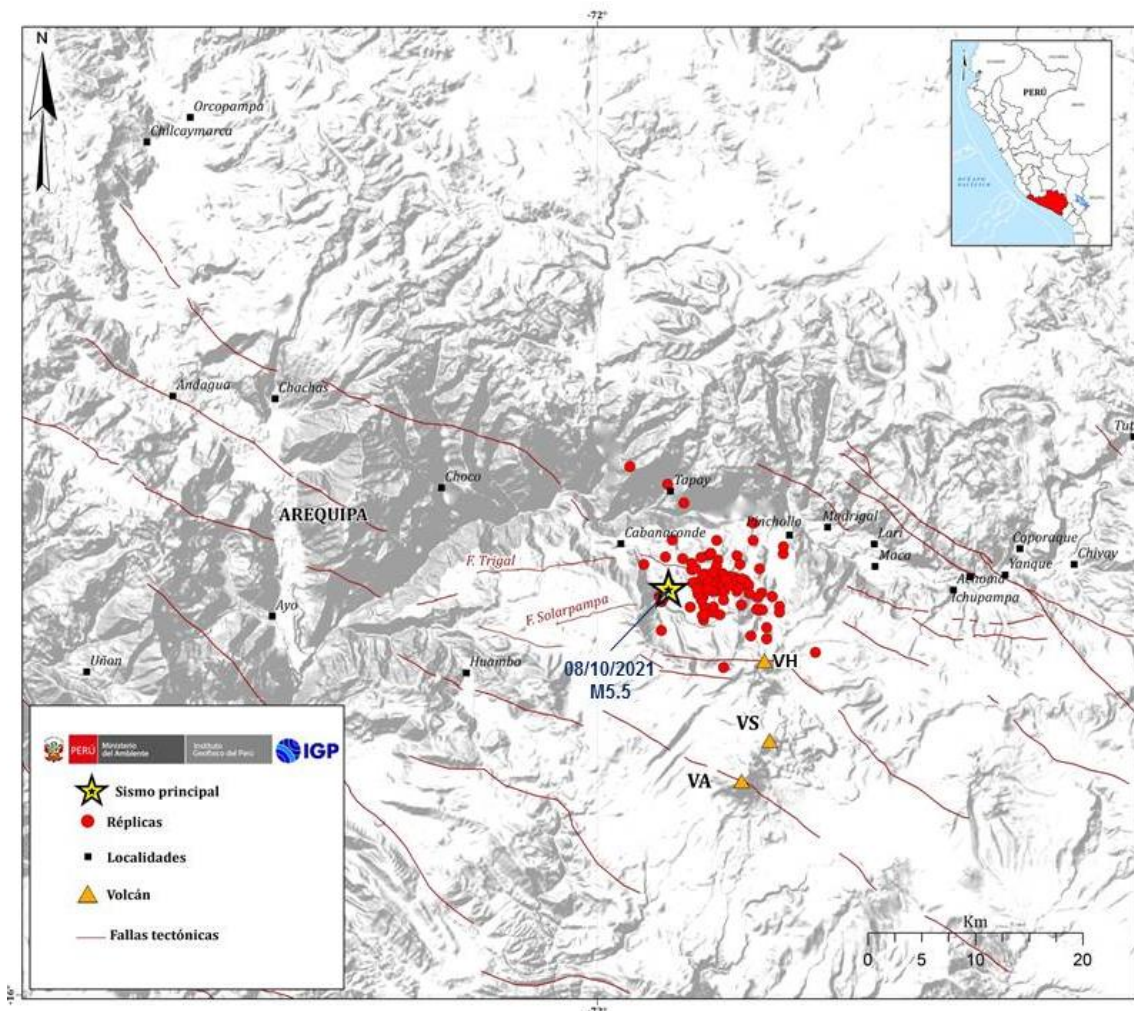


**Figura 7:** Sismograma de la estación SAB0 ubicada a 15 km de la zona epicentral. Obsérvese el registro del evento sísmico de magnitud M5.5 y de la serie de réplicas que ocurrieron después de aproximadamente 7 horas.

Al momento de concluir con este informe continuaban ocurriendo réplicas, y ellas seguirán probablemente por un tiempo del orden de 10 a 15 días, hasta que los bloques de la falla tectónica El Trigal se estabilicen.

## 5.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

La actividad sísmica ocurrida en las cercanías de las localidades de Cabanaconde y Pinchollo ha presentado sus epicentros sobre el extremo Este de la traza de falla El Trigal, falla que es parte del sistema conocido como “Sistema de Fallas Huambo – Cabanaconde” (Figura 8). Especialmente, la distribución de los epicentros muestra una área de ruptura con una longitud de aproximadamente 10 km, alcanzando profundidades de hasta 30 km.



**Figura 8:** Distribución espacial de sismo del 8 de octubre 2021 (M5.5) y de su serie de eventos precursoras y réplicas sobre el extremo Este de la falla El Trigal.

Desde el año 1990, en la zona del cañón del Colca, el Instituto Geofísico del Perú implemento una red de monitoreo sísmico y desde entonces, han ocurrido hasta 6 eventos con magnitudes menores a M5.7 que han reactivado de manera temporal a diferentes fallas tectónicas de las muchas que existen en la zona de estudio. Las fallas más importantes son los sistemas Maca-Sepina, Huambo-Cabanaconde y la falla Ichupampa, las cuales muestran la importante tectónica activa presente en el entorno del cañón del Colca. Cada sismo, debido a la reactivación de estas fallas ha presentado un número variado de eventos precursoros y de réplicas con magnitudes menores a M4.0 y focos con profundidades de hasta de 25 km, lo cual confirma la deformación superficial que produce altos niveles de sacudimiento de suelo.

Tal como se ha observado, los sismos ocurridos en los años 1991, 1992, 1998, 2013, 2016, 2021 y toda su serie de eventos precursoros y réplicas, han tenido su origen en la reactivación de fallas tectónicas presentes en el cañón del Colca y no debido a un posible proceso eruptivo de los volcanes Sabancaya, Ampato o Hualca-Hualca.

Considerando, la geodinámica global, regional y local, en la zona del cañón del Colca, las diferentes fallas tectónicas existentes seguirán dando origen a sismos de variada magnitud y a profundidades superficiales que producirán altos niveles de sacudimiento del suelo, afectando a las áreas urbanas cercanas y produciendo deslizamientos de diversos volúmenes de tierra y piedras.

## **CONCLUSIONES**

- La región del Cañón del Colca se caracteriza por presentar un complejo proceso de deformación superficial puesta en evidencia con la presencia de fallas tectónicas y lineamientos de diversa longitud. Los sistemas de fallas de mayor importancia son Ichupampa, Huambo-Cabanaconde y Maca-Sepina, todos ellos dieron origen a sismos con magnitudes entre M5.0 y M5.7 en los años 1991, 1992, 1998, 2013 y 216.
- El sismo del 8 de octubre de 2021 (M5.5) y su serie de precursores y réplicas, tuvieron su origen en la reactivación temporal del extremo Este de la falla El Trigal (Sistema de fallas Huambo-Cabanaconde). Debido a este sismo, un tramo de 10 km de longitud se habría reactivado temporalmente.
- Este sismo y los ocurridos en años anteriores, han mostrado que los sacudimientos de suelo al paso de las ondas sísmicas, solo han causado daños a viviendas construidas con adobe, piedras y madera. Lo cual sugiere que se debe cambiar el modo de construir viviendas, así como evaluar la calidad de suelos que se vienen ocupando con el crecimiento de las áreas urbanas.
- El sismo de Cabanaconde y Pinchollo, no tiene relación con una posible reactivación de los volcanes Sabancaya, Ampato o Hualca-Hualca. Por el momento, las fallas y los volcanes desarrollan procesos completamente aislados.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Antayhua et al (2002): Localización hipocentral y características de la fuente de los sismos de Maca (1991), Sepina (1992) y Cabanaconde (1998). Región del volcán Sabancaya. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, V93, 63-72.
- Antayhua. Y. y Tavera, H. (2001): Análisis de la actividad sísmica en la región del volcán Sabancaya. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, V92, 79-88.
- Barriga, V. (1951). Los terremotos en Arequipa: 1582-1868. La Colmena S.A. Arequipa. 332 p.
- Dorbath, L., A. Cisternas, y Dorbath C. (1990). Assesment of the size of large and great historical earthquakes in Peru, Bull.Seims.Soc.Am., Vol. 80, N° 3, pp. 551-576.
- González, E., Kosaka, M y Minaya, A., (1996). Sismicidad del volcán Sabancaya y el Hualca-Hualca. Segundo Seminario Latinoamericano: Volcanes, Sismos y Prevención.
- Huamán, D. (1990). Vigilancia del volcán Sabancaya: Observaciones realizadas a la fecha 03-08-90, por el grupo IGP-Arequipa. Inf. Int. IGP., 6p.
- Huamán, D., Guillande, R., Rodríguez, A., Rivera, R. y Antallaca, A. (1991). Teleanálisis geológico y sismicidad del sector comprendido entre el volcán Sabancaya y el poblado de Ichupampa: El Sistema de fallas Sepina. Inf. Int. IGP., 8p.

Huaman et al (1993): Cadre structural et risques géologiques étudiés à l'aide de l'imagerie spatiale: la région du Colca (Andes du Sud Perú): Bull. Soc. Géol. France, t.164, no 6, 807-818

Huaman, D. (1995). Métodos y aplicaciones de las imágenes de satélite en la cartografía geológica: El caso del seguimiento y evolución de la amenaza volcánica del Sabancaya (región del Colca, Arequipa). Tesis de Ingeniero, Univ. Nac. San Agustín, Arequipa. 138p.

Lazo, M., Kosaka, R., Minaya, A., Gonzales, E. y Soto, J. (1991). Evaluación de la actividad sísmica del volcán Sabancaya: VII Congreso Peruano de Geología, Lima: volumen de resúmenes extendidos.19-21.

Silgado, E. "Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", Bol. 3, Serie C, Instituto de Geología y Minería, Lima-Perú, 133 pp., 1978

Thouret, J.C., et al (1995a): La actividad eruptiva del volcán nevado Sabancaya (Sur de Perú): geología, sensores remotos, evaluación y mapeo de zonas de riesgo. Resúmenes Sismo de Ichupampa del 14 de Agosto, 2016 (Chivay – Arequipa) Centro Nacional de Monitoreo Sísmico – Acelerométrico / CTS – IGP 16 Extendidos. Seminario Taller: Evaluación de la Litósfera en los Andes peruanos y sus márgenes. ProgramaPICG, 188. Lima-Perú.

Thouret, et al (1995b) Geomorphological and geological survey and remote sensing of the current activity of nevado Sabancaya strato volcano (South Perú): assessment for hazardzone mapping.Z. Geomorph.N-E., 39, 4,515-535.

Tavera, H., Y. Antayhua (2000).-Señales sísmicas de volcanes activos: ejemplos del volcán Sabancaya, Arequipa (Perú). Bol. Soco Geol. Perú, v. 90: p. 107-119.

Tavera, H., J. Guzman, L. Velarde, A. Cuya (2016) Sismo de Ichupampa del 14 de Agosto del 2016 (5.3 ML) (Chivay – Arequipa) Aspectos Sismológicos. Informe Técnico IGP.

Uribe, M. (1995). Evaluación de la actividad sísmica en relación con el proceso eruptivo del volcán Sabancaya y el valle del Colca. Resúmenes Extendidos. Seminario Taller: Evaluación de la Litosfera en los Andes Peruanos y sus márgenes. Programa PICG 288. Lima Perú.

