



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
de Sismología



Sismo de Cabanaconde (Arequipa)
del 28 de febrero, 2015 (4.5ML)

ASPECTOS SISMOLOGICOS

Por:

Hernando Tavera
José Millones
Efrain Fernandez
Patricia Guardia

Informe Técnico N° 01-2015

Lima-Perú
Marzo, 2015

ÍNDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- TECTÓNICA LOCAL
- 3.- SISMO DEL 28 DE FEBRERO, 2015
 - 3.1.- Parámetros Hipocentrales
 - 3.2.- Intensidades
 - 3.3.- Orientación de la Fuente
- 4.- PRECURSORES Y RÉPLICAS
- 5.- EFECTOS SECUNDARIOS
- 6.- DISCUSIÓN
 - CONCLUSIONES
 - BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCION

En el borde occidental de Perú se desarrolla el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999), siendo el mismo responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente sobre todo el territorio peruano. En general, este proceso es la causa de ocurrencia de sismos de diversa magnitud y focos ubicados a variadas profundidades, todos asociados a la fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera y deformación cortical a niveles superficiales.

Dentro de este contexto (Figura 1), en el Perú la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y cada año, se registra y se reporta un promedio de 150-170 sismos sentidos en superficie con intensidades mínimas de II-III (MM) y magnitudes $ML \geq 4.5$. Los sismos con magnitud mayor ($M \geq 7.0$), son menos frecuentes y cuando tienen su origen en el proceso de fricción de placas, producen importantes daños en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 ($M_w=8.2$) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 ($M_w=7.9$). A niveles más profundos, estos sismos pocas veces producen daños en razón que la energía emitida se atenúa rápidamente antes de llegar a la superficie; sin embargo, es frecuente observar efectos secundarios como licuación de suelos y deslizamientos de piedras en zonas de alta pendiente.

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 (6.0ML) y 5 de Abril de 1991 (6.5ML); asimismo, el sismo del 12 de Abril de 1998 (5.2ML) con epicentro a 13 km en dirección NE de la localidad de Huambo. 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.

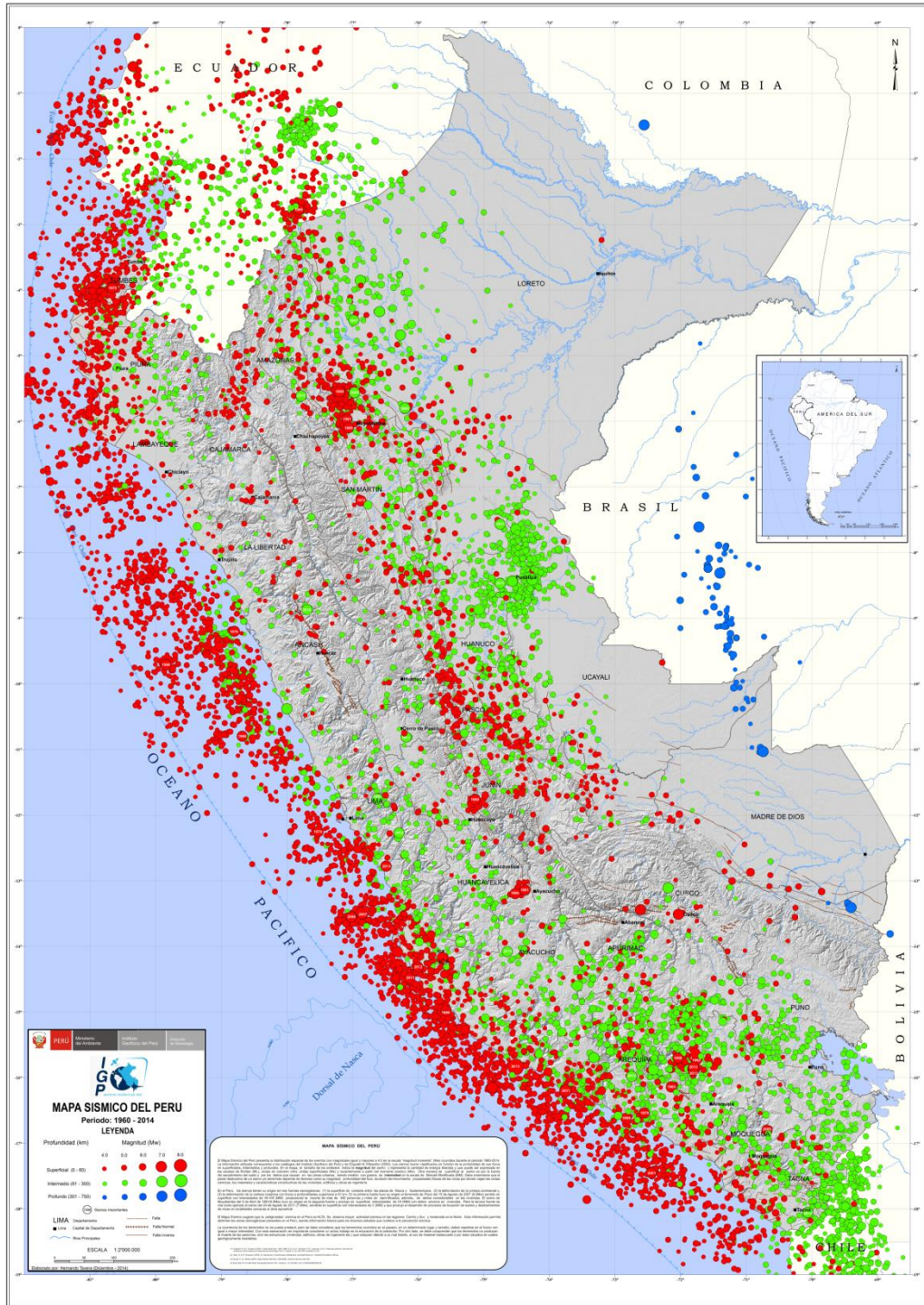


Figura 1.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 y 2014. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

En la región sur del Perú, el día 28 de febrero del 2015 ocurre un sismo de tipo cortical con una magnitud moderada de 4.5 ML y con epicentro ubicado a 6 km al SO de la localidad de Cabanaconde (Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 5 km (foco superficial) y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 100 km, siendo mayor su intensidad ($I_{max}=III$) entorno a las localidades de Cabanaconde, Huanbo y Tapay (Arequipa). En este informe se presenta y se describe los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, orientación de la fuente, 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 fallas y lineamientos que sustentan el desarrollo altos índices de deformación local con la ocurrencia de importante actividad sísmica.

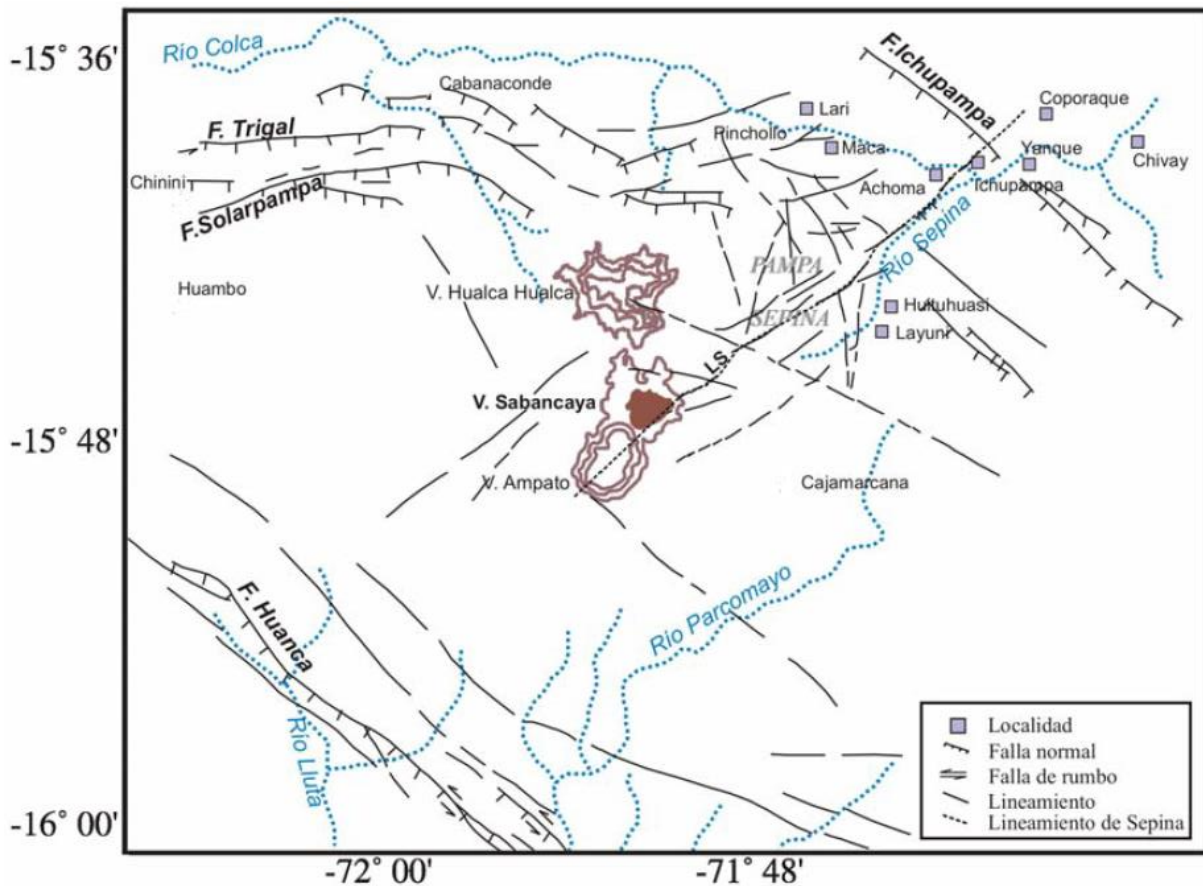


Figura 2: Principales sistemas de fallas y lineamientos en la región del Cañón del Colca - Arequipa

El 28 de febrero de 2015, el sistema de fallas, Huambo-Cabanaconde, se reactivó con la ocurrencia de un sismo de magnitud 4.5ML, el mismo que fue precedido y seguido por otros de menor magnitud, cuyas características se analiza a continuación.

3.- SISMO DEL 28 DE FEBRERO, 2015

3.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 28 febrero del 2015 fueron obtenidos utilizando información de algunas estaciones de la Red Sísmica Nacional y de las provenientes de la red sísmica temporal que funcionan cerca del volcán Sabancaya como parte de los proyectos que lidera el Dr. O. Macedo. Para el cálculo se ha considerado el modelo de velocidad de Dorbath et al (1991), una relación de velocidades V_p/V_s de 1.68 y los resultados obtenidos son (Figura 3):

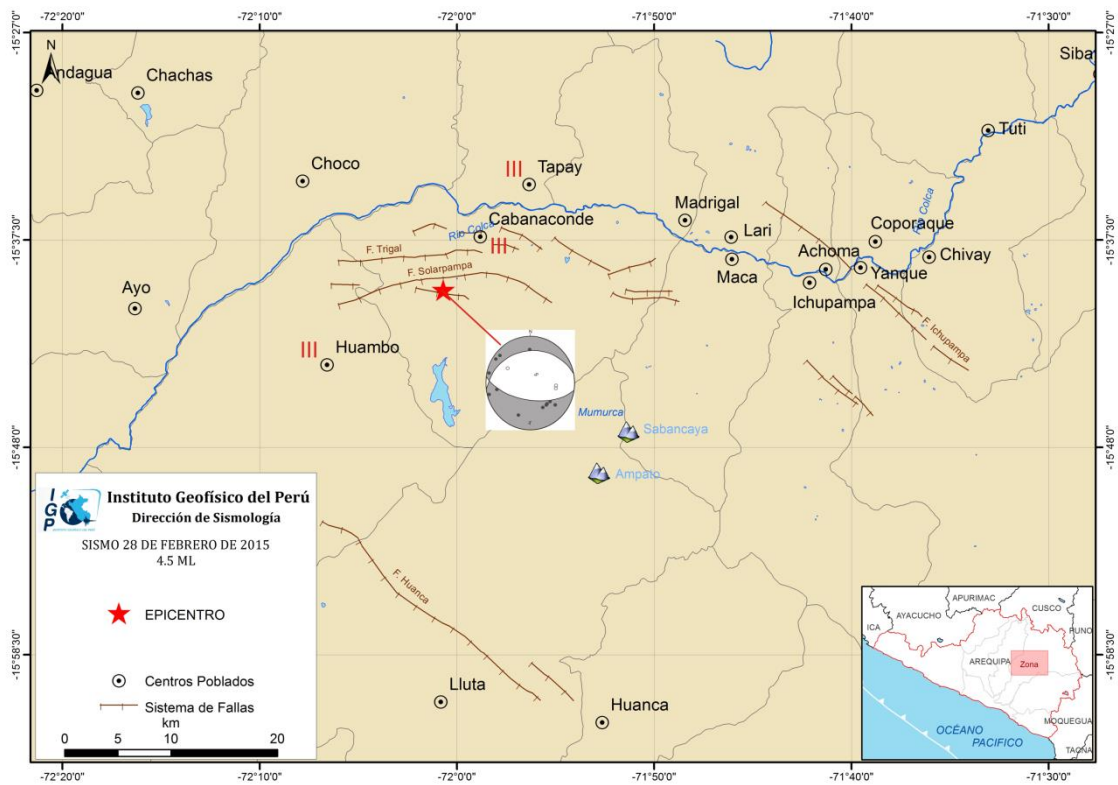


Figura 3: Mapa de distribución espacial de las principales trazas de fallas geológicas presentes en el Cañón del Colca y ubicación del epicentro del sismo de Cabanaconde (estrella). La esfera corresponde al mecanismo focal. Los valores de intensidad sísmica están en la escala de Mercalli Modificada (III).

Tiempo Origen:	20h 10min del día 28 de febrero, 2015 (Hora Universal) 15h 10min del día 28 de febrero, 2015 (Hora Local)
Latitud Sur:	-15.66°
Longitud Oeste:	-72.01°
Profundidad:	5 km
Magnitud:	4.5 ML
Epicentro:	A 6 km al SO de la localidad de Cabanaconde (Arequipa)
Intensidad Máxima:	III en la escala MM en Cabanaconde, Huambo, Tapay

En la Figura 3, se presenta la ubicación del epicentro del sismo de Cabanaconde, evento asociado a la reactivación de la falla Solarpampa y por la ubicación de su foco a profundidad superficial, el radio de percepción o sacudimiento del suelo fue pequeño con relación a otros eventos de mayor magnitud ocurridos en la misma región.

3.2.- Intensidades

Después de haberse producido el sismo de Cabanaconde (Arequipa), se procedió a realizar la evaluación del radio de percepción y niveles de sacudimiento del suelo a fin de conocer de manera indirecta los efectos y daños causados en la región del Cañón del Colca. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Servicio Sismológico Nacional de la Dirección de Sismología (IGP) mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de las localidades mayores de la región. La escasa información recolectada fue interpretada utilizando la escala de Mercalli Modificada (Figura 3) y de ella, la descripción más resaltante se detalla a continuación:

Localidades de Cabanaconde, Huambo y Tapay: Movimiento sentido fuerte por todos. Algunas personas salieron apresuradas a las calles. Se ha reportado daños importantes en 30 viviendas de adobe-piedra con el derrumbe de paredes y otras 40 con rajaduras. En la ruta Maca-Cabanaconde se han producido deslizamientos de piedras y tierra que han dañado parcialmente la carretera. Del mismo modo, se produjo el colapso de algunos canales de regadío. En estas localidades la intensidad evaluada fue de III en la escala de Mercalli Modificada.

3.3.- Orientación de la Fuente

La orientación preliminar para la fuente del sismo de Cabanaconde fue obtenida haciendo uso de información correspondiente a los primeros impulsos de la onda P registrados en las estaciones de la RSN y REDSSAT a cargo del Instituto Geofísico del Perú. Según la solución obtenida (Figura 4), el sismo de Cabanaconde presenta un mecanismo focal de tipo normal con planos orientados en dirección EO y eje de tensión (T) próximo a la horizontal. El mecanismo de la fuente indica el desarrollo de un proceso de ruptura por extensión, coherente con el tipo de deformación que se produce sobre la traza de la falla Solarpampa.

4.- PRECURSORES Y RÉPLICAS

El sismo de Cabanaconde del 28 de febrero del 2015, fue precedido por un gran número de eventos precursoros de variada magnitud, tal como se aprecia en la Figura 5. Los epicentros de estos eventos muestran el desarrollo de deformación local asociada a las trazas pequeñas de fallas ubicadas en el extremo norte de volcán Sabancaya y en menor proporción sobre las fallas Solarpampa y El Trigal. Estos eventos fueron percibidos por la población con intensidades del orden de II (MM).

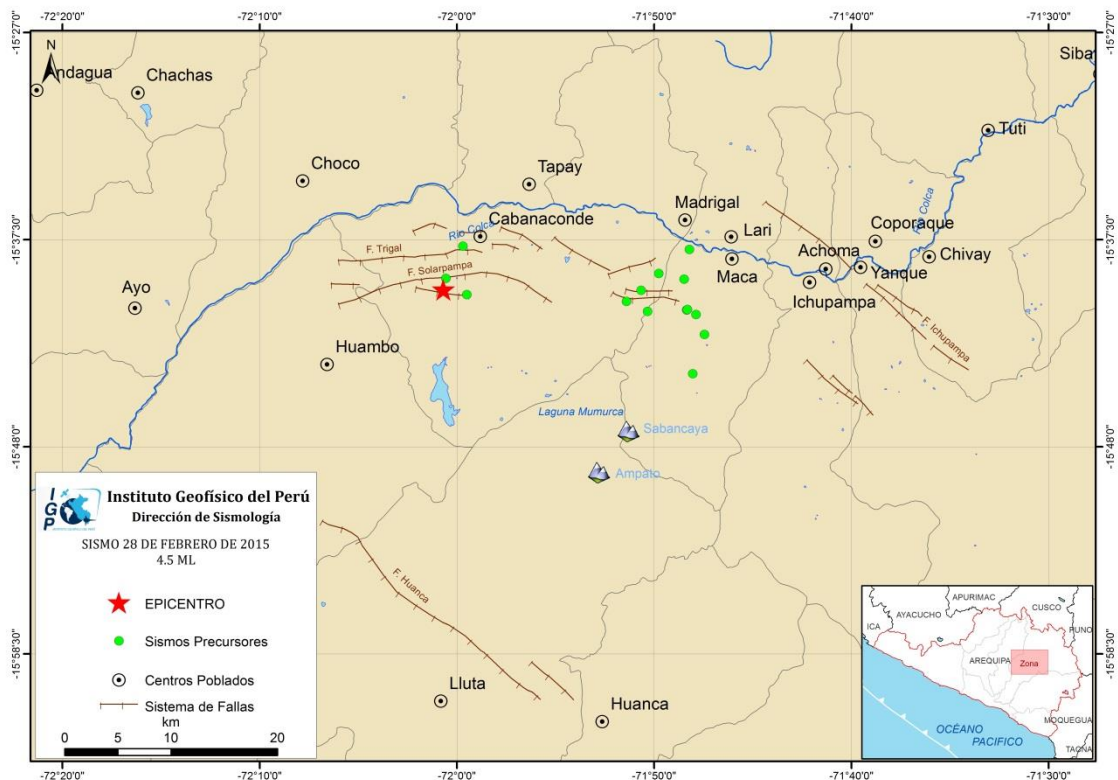


Figura 5: Distribución espacial de los epicentros correspondiente a eventos precursoros del sismo del 28 de febrero de 2015. La estrella roja indica la ubicación del epicentro del sismo principal

Posterior a la ocurrencia del evento principal, este fue seguido por un número considerable de réplicas durante las primeras 24 horas y su distribución espacial permite observar que los epicentros se encuentran sobre las trazas de las fallas de Solarpampa y El Trigal; además de algunos epicentros sobre fallas secundarias ubicadas en dirección sur con respecto a la localidad de Maca (Figura 6). Estas réplicas sugieren la reactivación del extremo derecho de la falla Solarpampa.

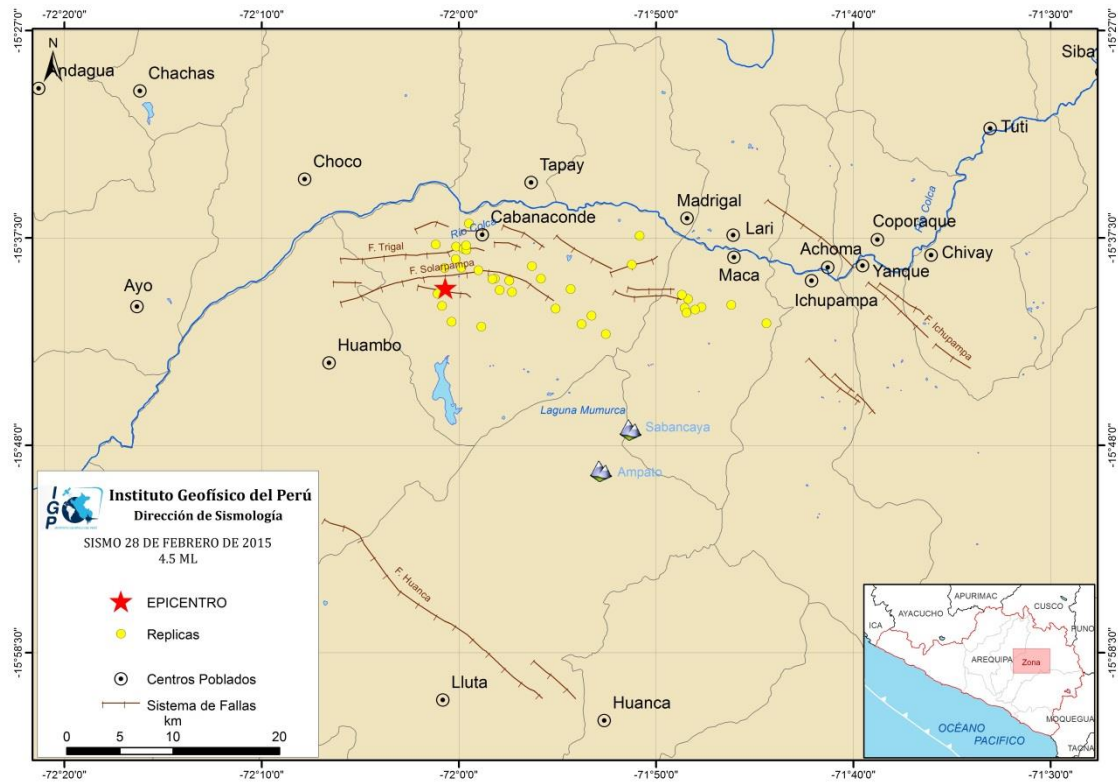


Figura 6: Distribución espacial de las réplicas que siguieron al evento principal del 28 de febrero de 2015. La estrella roja indica el epicentro del sismo de Cabanaconde.

Considerando que los eventos precursoros y réplicas presentan magnitudes menores a 4.0ML, solo fueron registrados por un número reducido de estaciones de la Red Sísmica Nacional; por lo tanto, los resultados obtenidos para sus hipocentros son de carácter preliminar.

5.- EFECTOS SECUNDARIOS

Los sismos de magnitudes moderadas y epicentros superficiales generan altos niveles de sacudimiento del suelo en zonas continentales, además de una variedad de efectos secundarios entorno a la zona epicentral. De estos efectos, los más comunes son los deslizamientos de tierra y piedras en superficies con pendiente (derrumbes), licuación de suelos y daños en viviendas cuyo grado va a depender del tipo de suelo, calidad de los materiales y de su antigüedad.

En la región del Cañón del Colca, es conocido que las carreteras se encuentran al pie de los cerros y las localidades, en general, están asentadas sobre antiguos deslizamientos de tierra y sobre ellos, las viviendas, en mayor porcentaje, son de tapial, adobe y piedras deterioradas por el paso de los años. Dentro de este escenario, es de esperarse que a la ocurrencia de un sismo con el de Cabanaconde, se presenten daños en viviendas y de diversos efectos secundarios.

5.1.- Daños en Viviendas

Los mayores daños en viviendas fueron reportados en las localidades de Cabanaconde y Tapay, todas construidas de manera precaria con adobe y piedras, siendo muchas de ellas muy antiguas y dañadas por el tiempo, tal como se aprecia en la Figura 7. Por otro lado, las viviendas de tapial y adobe de reciente construcción, así como las de ladrillo existente en la Plaza de Armas de la localidad de Cabanaconde, no presentaron ningún tipo de daño estructural, lo cual confirma el hecho que las viviendas afectadas en la zona epicentral, son las más precarias.

5.2.- Presencia de Deslizamientos

Los principales escenarios de deslizamientos (derrumbes) de tierra y piedras se presentaron en el tramo de la carretera de la localidad de Maca hacia Cabanaconde.



Figura 7. Viviendas de adobe dañadas por colapso en la localidad de Cabanaconde

6.- DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, en la región del Cañón del Colca, el día 28 de febrero ocurrió un sismo de magnitud moderada (4.5ML) y epicentro ubicado a 6 km al SO de la localidad de Cabanaconde (Arequipa). Este evento se caracterizó por presentar un número importante de precursoros y réplicas que mantuvieron en alerta a la población de estas localidades y de otras a lo largo del Cañón del Colca. De estos eventos, un total de 5, entre precursoros y réplicas fueron reportados como percibidos por los pobladores de esta región.

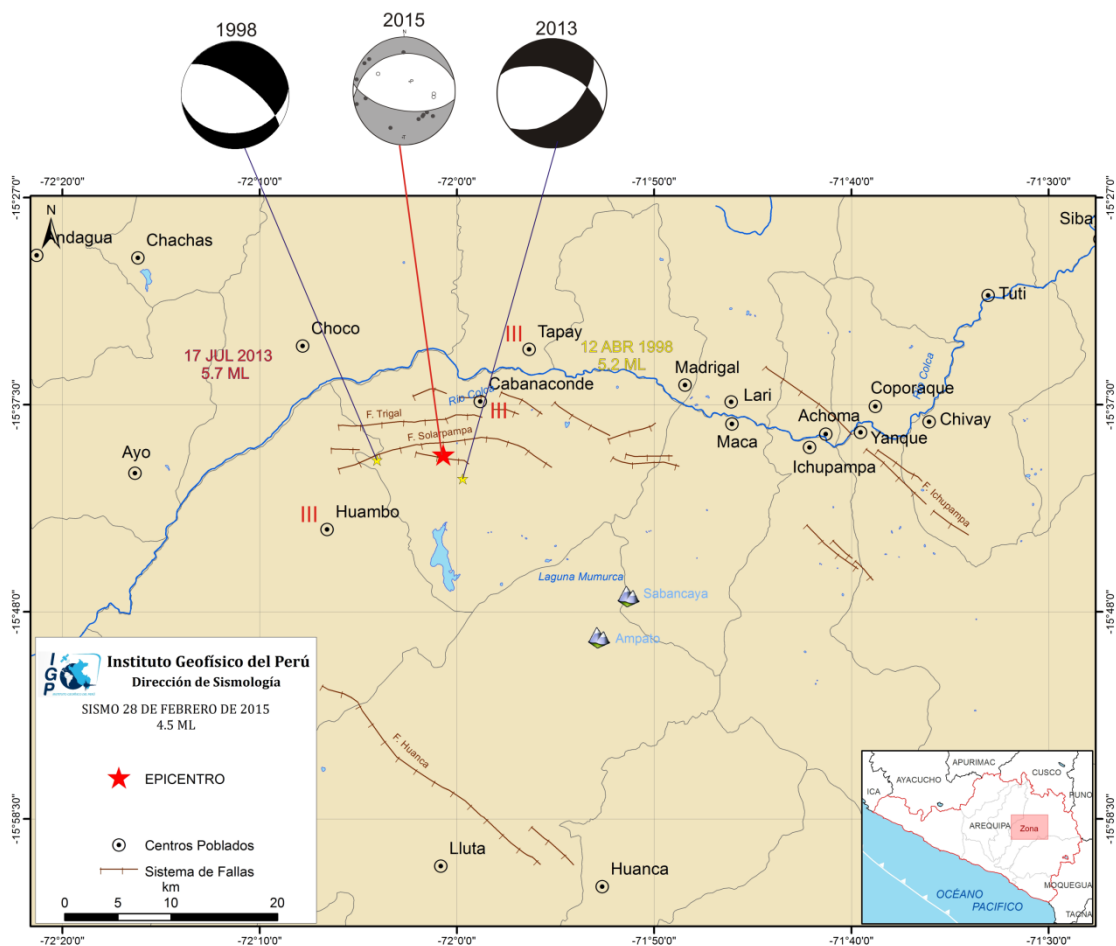


Figura 8. Ubicación epicentral de los sismos de Huambo de 1998 y 2013, y Cabanaconde de 2015. Las esferas corresponden a los mecanismos focales y los puntos rojos y amarillos sus respectivos epicentros.

El epicentro del sismo de Cabanaconde se ubica en el extremo sur de la falla de Solarpampa (Figura 8), una de las de mayor longitud del sistema Huambo-Cabanaconde. El mecanismo focal corresponde a una falla de tipo normal con planos nodales orientados en dirección próxima a este-oeste, similar a la geometría de la falla Solarpampa; por lo tanto, dicha falla habría sido la causante del sismo y de su serie de precursores y réplicas.

En la misma zona de estudio (Figura 8), el 12 de abril de 1998 y 17 de julio de 2013 ocurrieron sismos de magnitud 5.2 y 5.6 ML que produjeron, en superficie, los mismos efectos y daños en viviendas antiguas y precarias que el sismo del 28 de febrero. Según la Figura 8, los tres eventos sísmicos presentan similares mecanismos focales y estarían asociados a la reactivación de la falla Solarpampa y otras trazas secundarias.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del presente informe técnico son:

1.- 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 Huanca.

2.- El sismo del 28 de febrero de 2015 y su serie de precursores y réplicas, tuvieron su origen en la traza de la falla Solarpampa, ubicada entre las localidades de Huambo y Cabanaconde. Esta falla dio origen en los años 1998 y 2013 a otros eventos sísmicos con magnitudes 5.2 y 5.6 ML que produjeron en superficie similares efectos y daños a los evaluados para el sismo de febrero de 2015.

3.- El mecanismo focal del sismo de Cabanaconde sugiere un proceso de ruptura por extensión con planos nodales orientados en la misma dirección que la falla de Solarpampa; por lo tanto, esta habría soportado un proceso de reactivación temporal.

4.- Se pone en evidencia que la región del Cañón del Colca, debido a la existencia de un gran número de fallas tectónicas, lineamientos y volcanes, es sísmicamente muy activa.

5.- El detalle sobre daños causados por el sismo de Cabanaconde del 28 de Febrero y sus efectos secundarios, son similares a los observados después de los sismos de 1998 y 2013; por lo tanto, los escenarios de daños y efectos son repetitivos. Esta información y experiencias son válidas para que las autoridades y población procedan a ejecutar actividades de gestión de riesgo en favor de la población del Cañón del Colca.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 Peru, 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 Peru, V92, 79-88.
- 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.
- Gonzáles, 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 á 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.
- 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
- 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.

Instituto Geofísico del Perú

Dirección de Sismología

Calle Badajos 169 – Urb. Mayorazgo IV Etapa - Ate

Teléfono 3172300-140 Fax 3172309-141

Web: <http://www.igp.gob.pe>