



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**EL SISMO DE MACA DEL 2 DE JUNIO 2023 (M5.2):
PRECURSORES Y RÉPLICAS
(Provincia Caylloma – Región Arequipa)**

Informe Técnico N°011-2023/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Junio, 2023

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Informe Técnico

El sismo de Maca del 2 de junio, 2023 (M5.2): Precursores y réplicas
(Provincia de Caylloma – Región Arequipa)

Autor

Hernando Tavera

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

**EI SISMO DE MACA DEL 2 DE JUNIO 2023 (M5.2):
PRECURSORES Y RÉPLICAS**

(Provincia de Caylloma – Región Arequipa)

Lima – Perú
Junio, 2023

RESUMEN

El 2 de junio del 2023 ocurre un sismo de magnitud M5.2 con epicentro a 16 km al sur de la localidad de Maca (provincia de Caylloma – región Arequipa), siendo precedido por eventos precursores desde el día 28 de mayo con la ocurrencia de un sismo de magnitud M4.5 y réplicas hasta el día 4 de junio con un total de 108 eventos con magnitudes iguales y mayores a M3.0. El sismo del 2 de junio (M5.2), sumado a otros 7 ocurridos en el valle del Colca desde el año 1990 con magnitudes mayores a M4.5, han puesto en evidencia los siguientes aspectos:

- En la región Arequipa, la zona de mayor dinámica activa es el valle del Colca debido a la continua ocurrencia de sismos con origen en la reactivación temporal de fallas tectónicas locales, así como al desarrollo de procesos eruptivos debido a la presencia de estructuras volcánicas y a la ocurrencia de deslizamientos.
- Los altos niveles de sacudimiento del suelo producidos por la ocurrencia de sismos, de manera recurrente producen daños en viviendas de adobe y en aquellas que se encuentran en suelos no consolidados.
- Los altos niveles de sacudimiento del suelo producidos por la ocurrencia de sismos, de manera recurrente generan deslizamientos de tierra y piedras en laderas de cerros afectando siempre a carreteras.
- No existe relación entre la ocurrencia de sismos y la probable reactivación del volcán Sabancaya.

La presencia de un gran número de fallas tectónicas activas en el valle del Colca, indica que aquí, han ocurrido sismos, están ocurriendo sismos y

seguirán ocurriendo sismos, y considerando que los efectos en superficie siempre son los mismos, se deben realizar estudios técnicos–científicos que sustenten las medidas preventivas a considerar para reducir el riesgo antes de la ocurrencia de nuevos sismos. El Instituto Geofísico del Perú, como institución especializada en estos campos de investigación estará atento a las coordinaciones necesarias por parte de las autoridades locales y regionales.

INDICE

RESUMEN

1.– INTRODUCCIÓN

2.– TECTÓNICA LOCAL

3.– EL SISMO DEL 2 DE JUNIO, 2023

3.1.– Parámetros hipocentrales

3.2.– Intensidades

3.4.– Aceleraciones del suelo

4.– PRECURSORES Y RÉPLICAS

4.1.– Eventos precursoros

4.2.– Réplicas

5.– EFECTOS EN SUPERFICIE

5.1.– Daños en viviendas

5.2.– Deslizamientos

5.– INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

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 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 la deformación cortical a niveles superficiales.

El análisis de la distribución espacial de su sismicidad en Perú (Figura 1) ha permitido identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas, todas descritas ampliamente por Tavera y Bufo (2001) y Bernal y Tavera (2002). En este escenario, los sismos con magnitudes mayores a M7.0 ocurren con mayor frecuencia frente a su borde occidental produciendo altos niveles de sacudimiento del suelo, 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 niveles de sacudimientos del suelo suficientes como para producir daños de consideración en áreas relativamente pequeñas, por ejemplo los sismos ocurridos en el valle del Colca, todos con magnitudes entre M4.5 y M5.7.

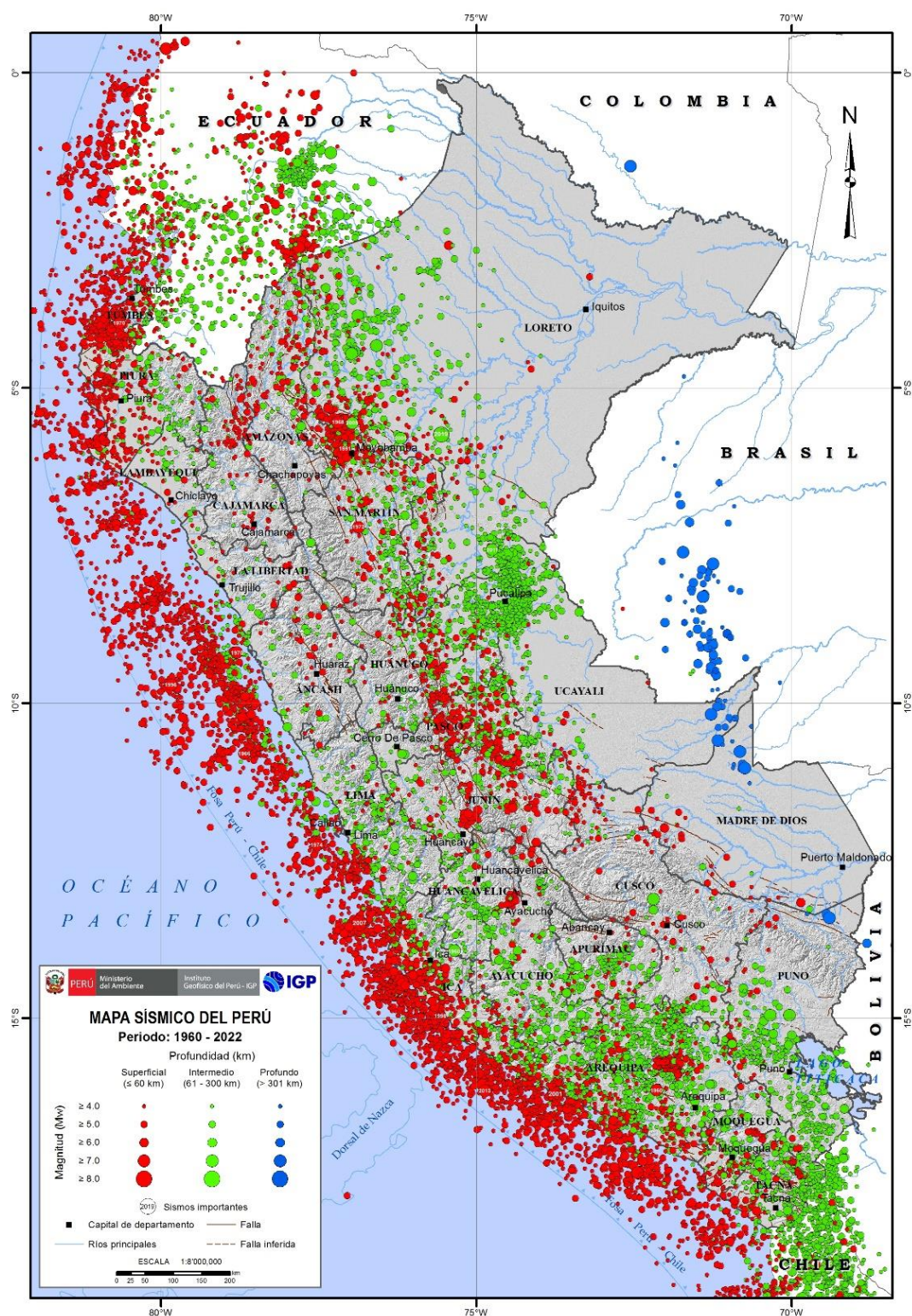


Figura 1: Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2022. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos.

En la zona del valle del Colca (región sur del Perú), el día 2 de junio del 2023 ocurre un sismo de tipo cortical con una magnitud moderada de M5.2 y epicentro ubicado a 16 km al sur de la localidad de Maca (provincia de Caylloma – región Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 12 km (foco superficial) y los niveles de sacudimiento del suelo produjeron daños en viviendas de adobe y deslizamientos de tierra y piedras inestables en zonas de alta pendiente, y que afectaron a carreteras. En las localidades de Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Pinchollo, Chivay, Choco, Huambo, Cabanaconde y Pinchollo, se evaluaron intensidades de V a IV en la escala de Mercalli Modificada (MM).

En este informe se presenta y se describe los parámetros hipocentrales del sismo del 2 de junio (M5.2), eventos precursores y réplicas; además de los daños y efectos observados en superficie, así como su interpretación sismotectónica

2.- TECTÓNICA LOCAL

El valle del Colca se encuentra bordeado de importante actividad tectónica reciente 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. En la Figura 2 se observa la distribución espacial de las fallas tectónicas de Ichupampa, Huanca y el sistema Huambo-Cabanaconde, en donde sobresalen las fallas de Solarpampa y Trigal. Estas fallas de tipo normal, se encuentran ubicadas en los extremos NE, SO y NO 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 de altos índices de deformación local con la ocurrencia de importante actividad sísmica.

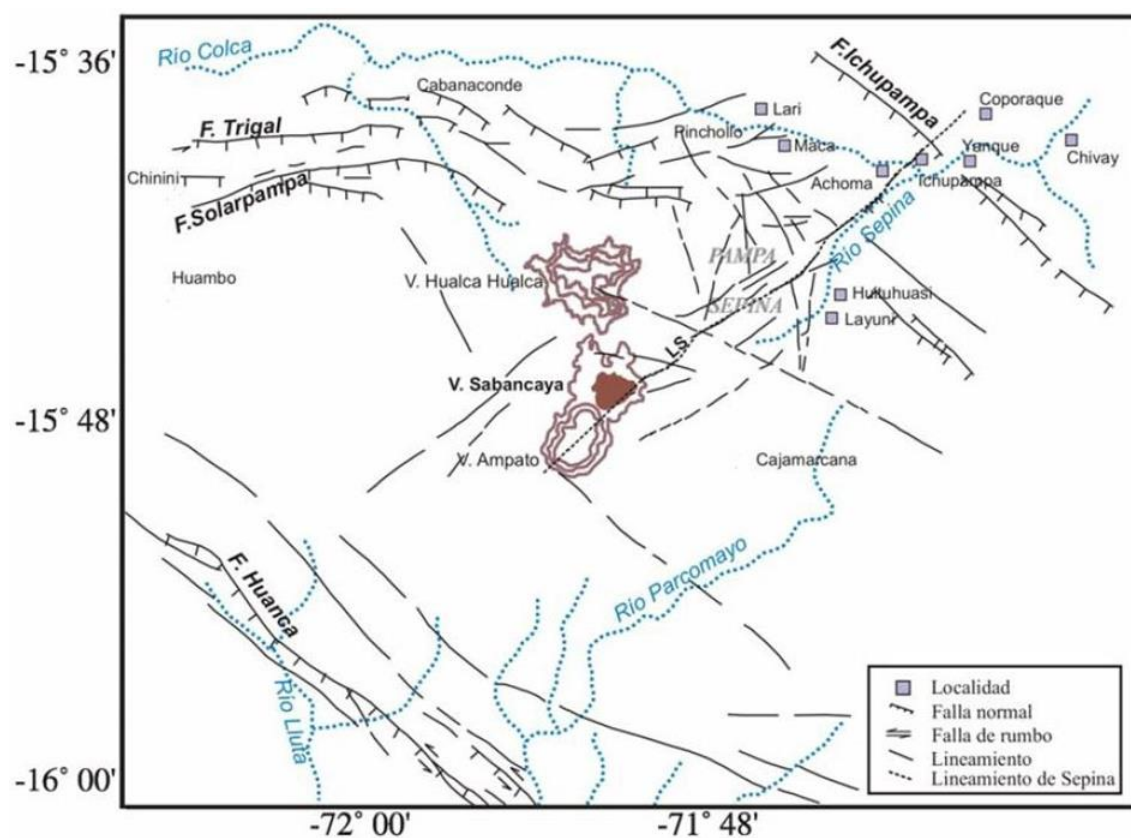


Figura 2: Principales sistemas de fallas y lineamientos en el valle del Colca

Los sismos más importantes ocurridos en los últimos 35 años en el valle del Colca fueron en los años 1991, 1992, 1998, 2013, 2016, 2021 y 2022 (Figura 3), siendo sus principales características las siguientes:

- El sismo del 23 de Julio de 1991 con una magnitud de M5.4 (foco a 4 km de profundidad) ocurrió a 6 km al SE de la localidad de Maca. Los sacudimientos del suelo produjeron en superficie asentamientos y deslizamientos de tierra, además de numerosos desprendimientos de rocas 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 de adobe fueron dañadas, además de 14 personas fallecidas y numerosos heridos.

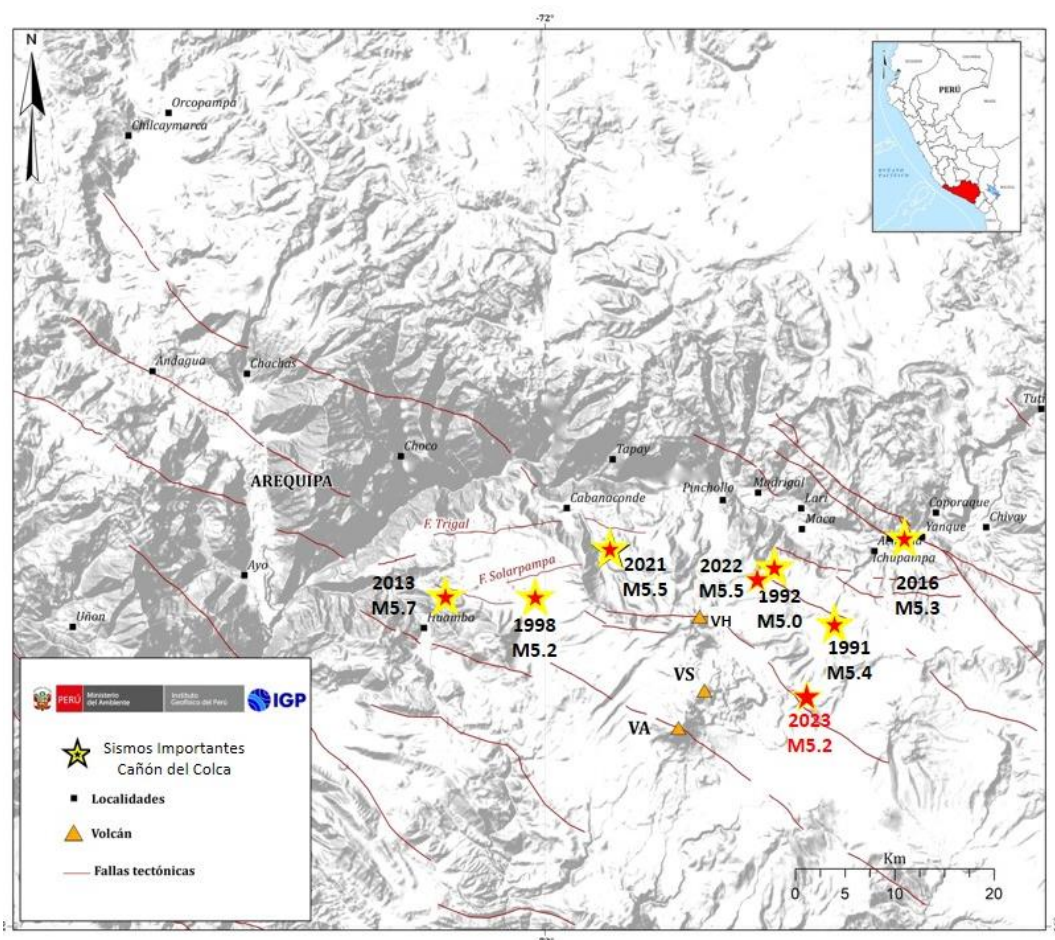


Figura 3: Distribución epicentral de los sismos entre los años 1990 y 2023 en el valle del Colca.
VA: volcán Ampato, VS: volcán Sabancaya, VH: volcán Hualca-Hualca.

- El sismo del 01 de febrero de 1992 con una magnitud de M5.0 y foco a 5 km de profundidad, tuvo su epicentro a 3 km al NO de las localidades de Hituhuasi y Visconoja en Pampa Sepina. Los sacudimientos del suelo produjeron la caída de rocas y asentamientos de tierras en el valle de Sepina. Las localidades más afectadas fueron Huituhuani, Sahuana y Layuni, con daños en un gran número de viviendas de adobe (Antayhua y Tavera, 2002).
- El sismo del 12 de abril de 1998 con una magnitud de M5.2 ocurrió a 9 km al sur de la localidad de Cabanconde. Los sacudimientos del suelo produjeron daños en casi el 50% de las viviendas de Huambo y Cabanaconde debido a la precariedad de sus construcciones (adobe y piedras). Además, algunas carreteras fueron interrumpidas por la caída de rocas y tierra.
- El sismo del 17 de julio del 2013 con una magnitud M5.7 ocurrió a 9 km al NE de la localidad de Huambo y a una profundidad de 7 km. Los sacudimientos del suelo produjeron el derrumbe de 35 casas de adobe y piedras; además de otras 80 con rajaduras. Además de deslizamientos de piedras y tierra en zonas de pendiente alta que afectaron principalmente a las carreteras.
- El sismo del 15 de agosto del 2016 con una magnitud M5.3 ocurrió a 10 km al oeste de la localidad de Chivay y a una profundidad de 8 km. Los sacudimientos del suelo produjeron el colapso de un gran número de viviendas de adobe y piedras, llegándose a contabilizar el fallecimiento de 4 personas y un número importante de heridos.

Asimismo, se produjeron deslizamientos de tierra y piedras en los alrededores de las localidades de Maca, Yanque, Achoma e Ichupampa.

- El sismo del 08 de octubre de 2021 reactivó el ramal Este de la falla El Trigal con la ocurrencia de un sismo de magnitud M5.5, el mismo que fue precedido y seguido por otros de menor magnitud. Los sacudimientos del suelo produjeron daños importantes en viviendas precarias y deslizamientos de tierra y piedras en las carreteras de ingreso a la localidad de Huambo.
- El sismo del 16 de marzo de 2022 presentó una magnitud M5.5 afectando a la localidad de Maca. Los sacudimientos del suelo produjeron que un buen porcentaje de las viviendas precarias colapsaran, sin generar daños personales. Como efectos secundarios se produjeron deslizamientos de tierra y piedras, y procesos de licuación de suelos en carreteras.

Aunque el orden de las magnitudes de estos sismos no varían considerablemente, los niveles de sacudimiento del suelo por ellos producidos en el valle del Colca, siempre han generado en superficie los mismos daños y efectos; es decir, daños en viviendas de adobe y procesos de deslizamientos de tierra y piedras; además de licuación de suelos.

3.– SISMO DEL 2 DE JUNIO, 2023

3.1.– Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 2 de junio del 2023 fueron reportados por el Centro Sismológico Nacional a cargo de Instituto Geofísico del Perú (IGP) utilizando información de la Red Sísmica Nacional y de la Red Geofísica de volcanes administrados por IGP (Figura 4):

Tiempo Origen: 01h 49min del día 3 de junio, 2023 (Hora Universal)
20h 49min del día 2 de junio, 2023 (Hora Local)
Latitud Sur: -15.78°
Longitud Oeste: -71.72°
Profundidad: 12 km
Magnitud: M5.2
Epicentro: A 16 km al S de la localidad de Maca (región Arequipa)
Intensidad Máxima: V (MM) en Maca, Ichupampa, Lari y Coporaque.

De acuerdo a esta información, el sismo del 2 de junio (M5.2) tuvo su origen en la reactivación temporal de la falla tectónica de Colihuire–Huatajcucho ubicada al sur de la localidad de Maca (Figura 4). Asimismo, y según la Tabla 1, este sismo fue precedido por 6 eventos precursores, siendo el ocurrido el día 28 de mayo el que presentó la mayor magnitud (M4.5) e intensidades de V (MM) en la localidad de Maca.

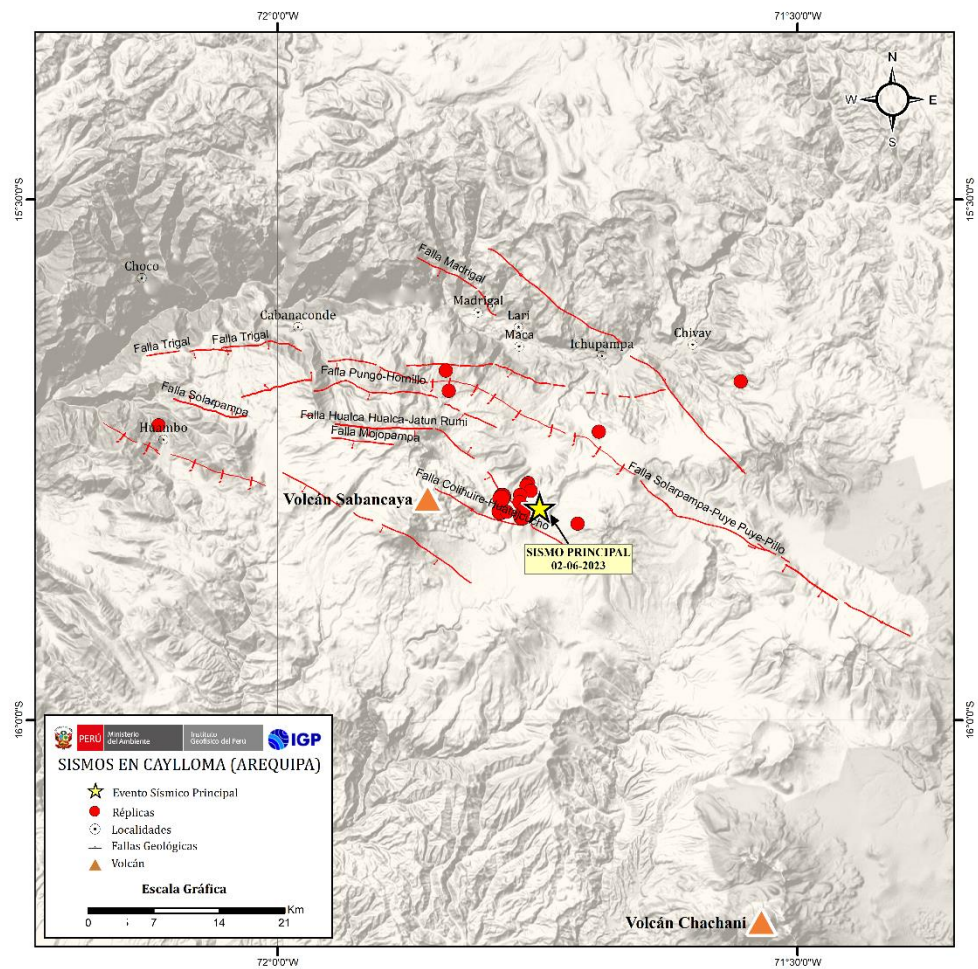


Figura 4: Distribución epicentral del sismo de Maca del 2 de junio 2023 (M5.2) y de la serie de eventos sísmicos reportados por el CENSIS desde el día 28 de mayo 2023.

Tabla 1: Parámetros hipocentrales e intensidades (MM) de los sismos reportados por el CENSI desde el día 28 de mayo hasta el 4 de junio 2023.

	Nº	FECHA	HORA	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	MAG	PROF (km)	INTENSIDADES (MM)
1								
2	1	28/05/2023	19:08:19	-15.80	-71.76	4.5	9	V Maca
3	2	28/05/2023	22:36:53	-15.77	-71.76	3.7	9	III Maca
4	3	29/05/2023	17:10:43	-15.78	-71.76	3.5	11	III Maca
5	4	30/05/2023	09:57:14	-15.78	-71.77	3.7	9	III Maca
6	5	30/05/2023	20:25:37	-15.79	-71.77	3.7	11.0	III Maca
7	6	02/06/2023	00:14:42	-15.72	-71.69	3.7	13	III Maca, Ichupampa
8	7	03/06/2023	01:49:14	-15.80	-71.75	5.2	11	V Maca
9	8	03/06/2023	02:27:38	-15.80	-71.79	4.7	10	IV Maca
10	9	03/06/2023	02:48:11	-15.79	-71.78	4.5	11	III-IV Maca
11	10	03/06/2023	05:01:13	-15.80	-71.78	3.8	12	III Maca
12	11	03/06/2023	07:17:40	-15.79	-71.79	4.2	10	III Maca
13	12	03/06/2023	18:56:08	-15.80	-71.76	3.6	7	III Maca, Ichupampa
14	13	04/06/2023	01:25:16	-15.76	-71.73	4.3	8	IV Maca

3.2.– Intensidades

Después de ocurrido el sismo de Maca, 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 área epicentral. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) 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 5):

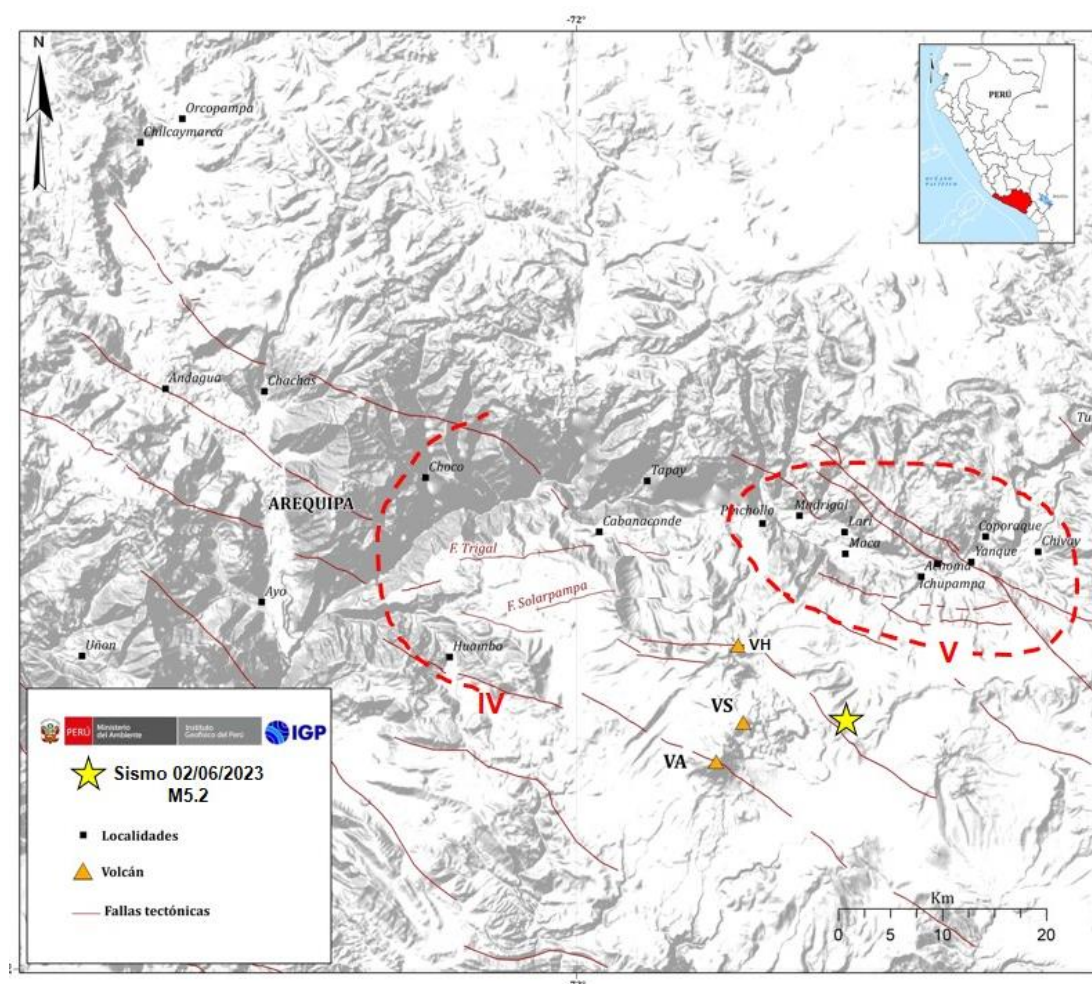


Figura 5: Mapa de intensidades en la escala de Mercalli Modificada del sismo del 2 de junio de 2023 (M5.2). VA: volcán Ampato, VS: volcán Sabancaya, VH: volcán Hualca-Hualca.

- *Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Madrigal, Pinchollo, Achoma, Chivay y Yanque (Intensidad V–MM):* El sacudimiento del suelo fue intenso y causó pánico en toda la población. Caída de la torre derecha de la iglesia de Lari, colapso de algunas viviendas de adobe y daños en paredes y techos de otras. En el interior de las viviendas se percibieron fuertes vibraciones de las puertas y ventanas. Se reportó la ocurrencia de un gran número de deslizamientos de tierra y piedras en laderas de cerros que interrumpieron el tránsito en carreteras.

- *Huambo, Cabanaconde, Tapay y Choco (Intensidad IV–MM):* El movimiento intenso del suelo fue percibido por toda la población. En el interior de las viviendas se percibieron fuertes vibraciones de ventanas y puertas con caída de objetos. Las personas salieron a las calles.

De acuerdo a lo indicado, los daños observados en la zona epicentral se han producido en viviendas que aún mantienen la construcción tradicional de zonas andinas; es decir, viviendas de adobe, piedras y calaminas. Del mismo modo, en zonas de alta pendiente se produjeron deslizamientos de piedra y tierra; afectando principalmente a las carreteras.

3.3.– Aceleraciones del suelo

A la ocurrencia de un sismo, registrar el nivel de sacudimiento del suelo en términos de aceleración, ayuda a comprender los efectos producidos en superficie. Para conocer la aceleración del suelo en el área

epicentral se ha hecho uso de los datos provenientes de la red acelerométrica de la región sur del Perú y los reportes emitidos por el IGP a través de su servicio ACELDAT_Peru. El mapa de aceleraciones del suelo registradas durante la ocurrencia del sismo precursor de magnitud M4.5 se muestra en la Figura 6, y en ella se observa que en las localidades de Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Madrigal, Pinchollo, Achoma, Chivay y Yanque soportaron aceleraciones máximas entre 10 y 25 cm/seg^2 , suficientes como para generar daños en viviendas de adobe y deslizamientos de tierra y piedras en cerros con pendientes inestables.

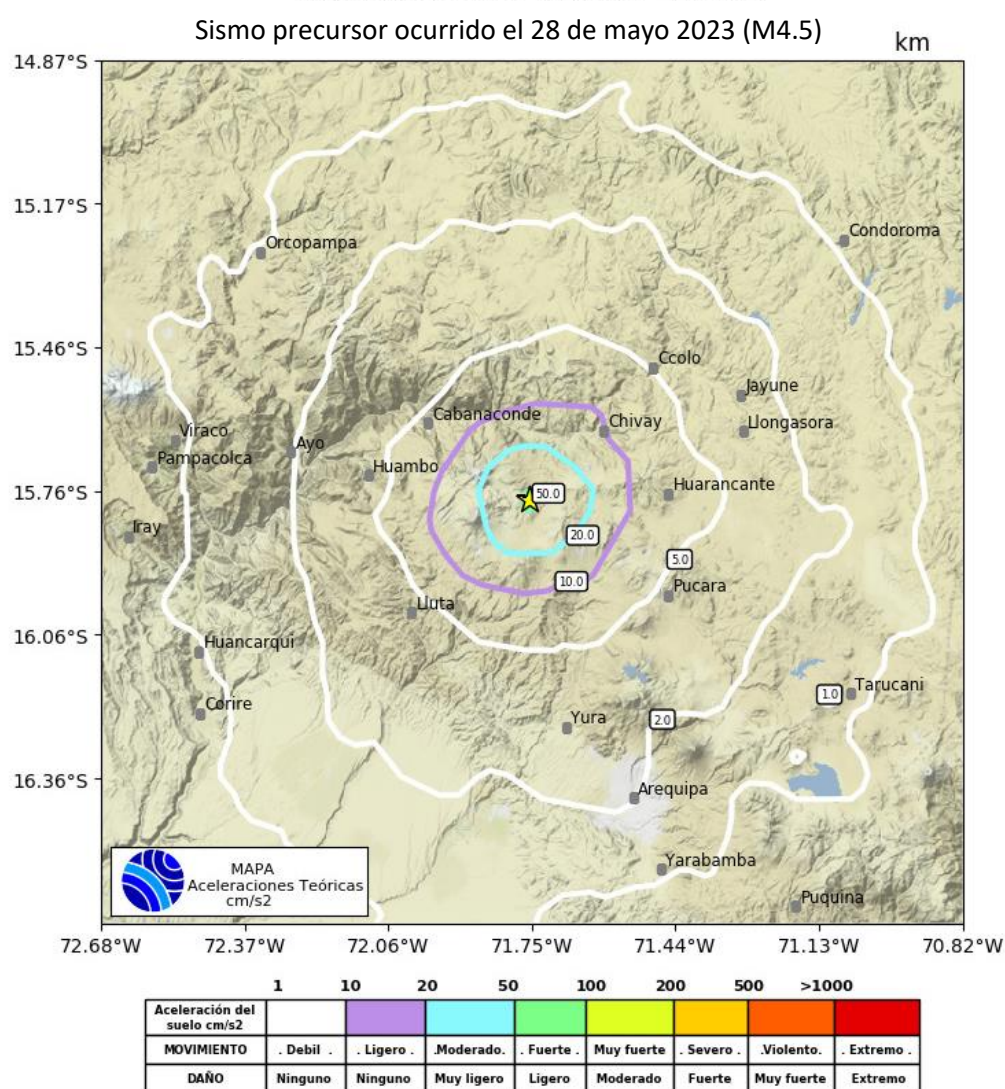


Figura 6: Aceleraciones del suelo en cm/seg^2 asociadas al sismo precursor ocurrido el 28 de mayo 2023 (M4.5)

Asimismo, en la Figura 7 se muestra el mapa de aceleraciones del suelo registradas en las localidades de Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Madrigal, Pinchollo, Achoma, Chivay y Yanque debido a la ocurrencia del sismo principal del 2 de junio 2023 con una magnitud de M5.2. Las aceleraciones del suelo alcanzaron valores entre 60 a 20 cm/seg^2 y por ello, los daños en viviendas precarias se incrementaron en toda el área epicentral, así como el número de deslizamientos de tierra y piedras en cerros con pendientes inestables cercanos a las carreteras que unen a las localidades del valle del Colca.

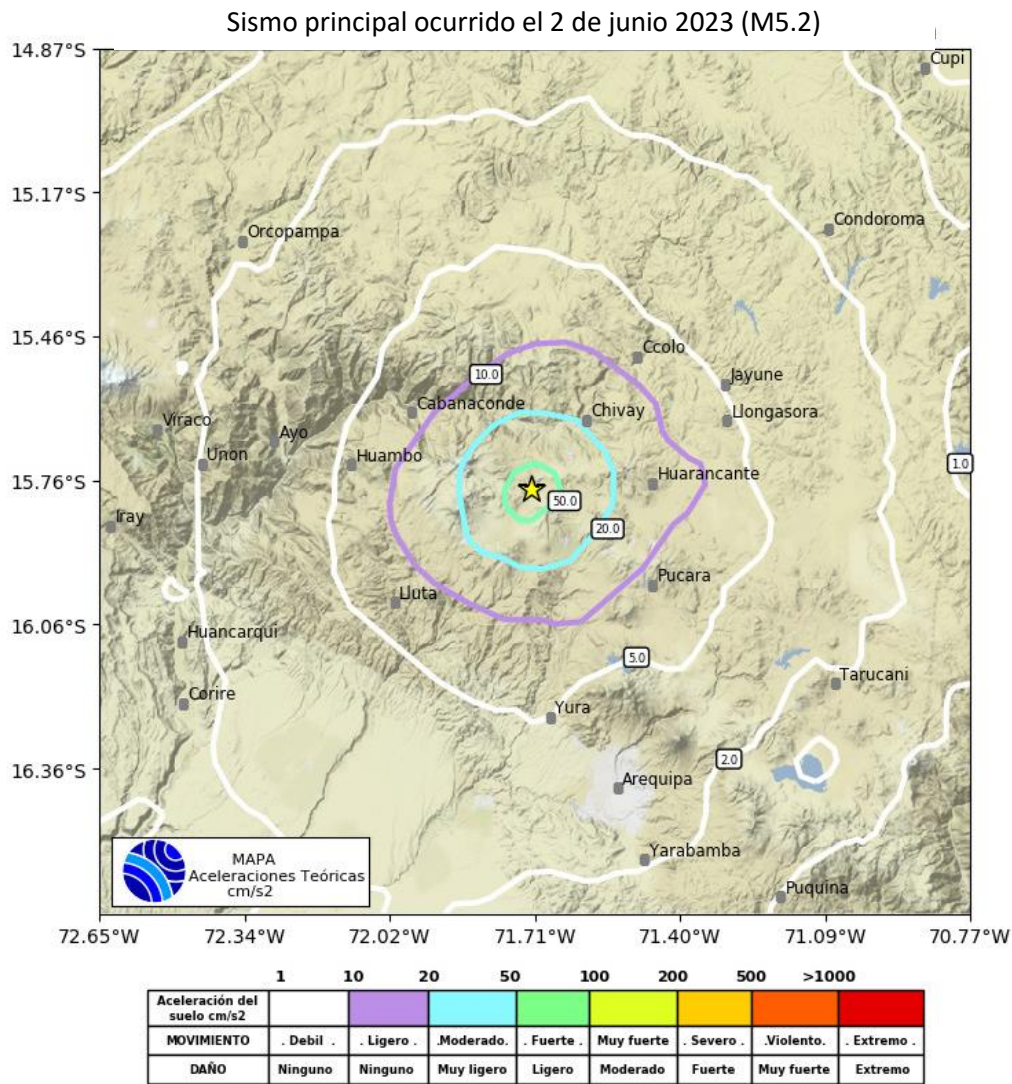


Figura 7: Aceleraciones del suelo en cm/seg^2 asociadas al sismo principal ocurrido el 2 de junio, 2023 (M5.2)

4.– PRECURSORES Y RÉPLICAS

En general, sin considerar la fuente sismogénica que da origen a los sismos, los de magnitud mayor pueden ser precedidos por eventos precursores y luego por una serie de réplicas, en ambos casos, todos estos eventos sísmicos son de menor magnitud que el sismo principal. Esta fue la característica del sismo ocurrido en Maca el día 2 de junio del 2023 (M5.2).

4.1.– Eventos precursores

El sismo de Maca del 2 de junio de 2023 (M5.2), fue precedido por un gran número de eventos precursores de variada magnitud, siendo el ocurrido el 28 de mayo (M4.5) el presentó la mayor magnitud. Tal como se muestra en la Figura 8, entre el 28 de mayo y el 2 de junio, previo al evento principal ocurrieron hasta 52 eventos con magnitudes mayores a M3.0 y de ellos, se reportaron 6 debido a que los sacudimientos del suelo fueron percibidos por la población de la localidad de Maca (Tabla 1); además de producir daños en viviendas de adobe y deslizamientos de tierra y piedras en cerros con pendientes inestables.

4.2.– Réplicas

Después de ocurrido el sismo de Maca el 2 de junio 2023 con magnitud M5.2, le siguieron en las siguientes 24 horas hasta un total de 56 réplicas con magnitudes mayores a M3.0. De estas réplicas, 6 fueron reportadas porque los sacudimientos del suelo fueron percibidos por la población de Maca (Tabla 1). En la Figura 9 se muestra el registro del sismo

principal y de la serie de réplicas registradas por la estación de Hualca-Hualca. Al momento de concluir con este informe continuaban ocurriendo réplicas y ellas seguirán probablemente por un tiempo del orden de 15 días, hasta que los bloques de la falla tectónica reactivada se estabilicen.

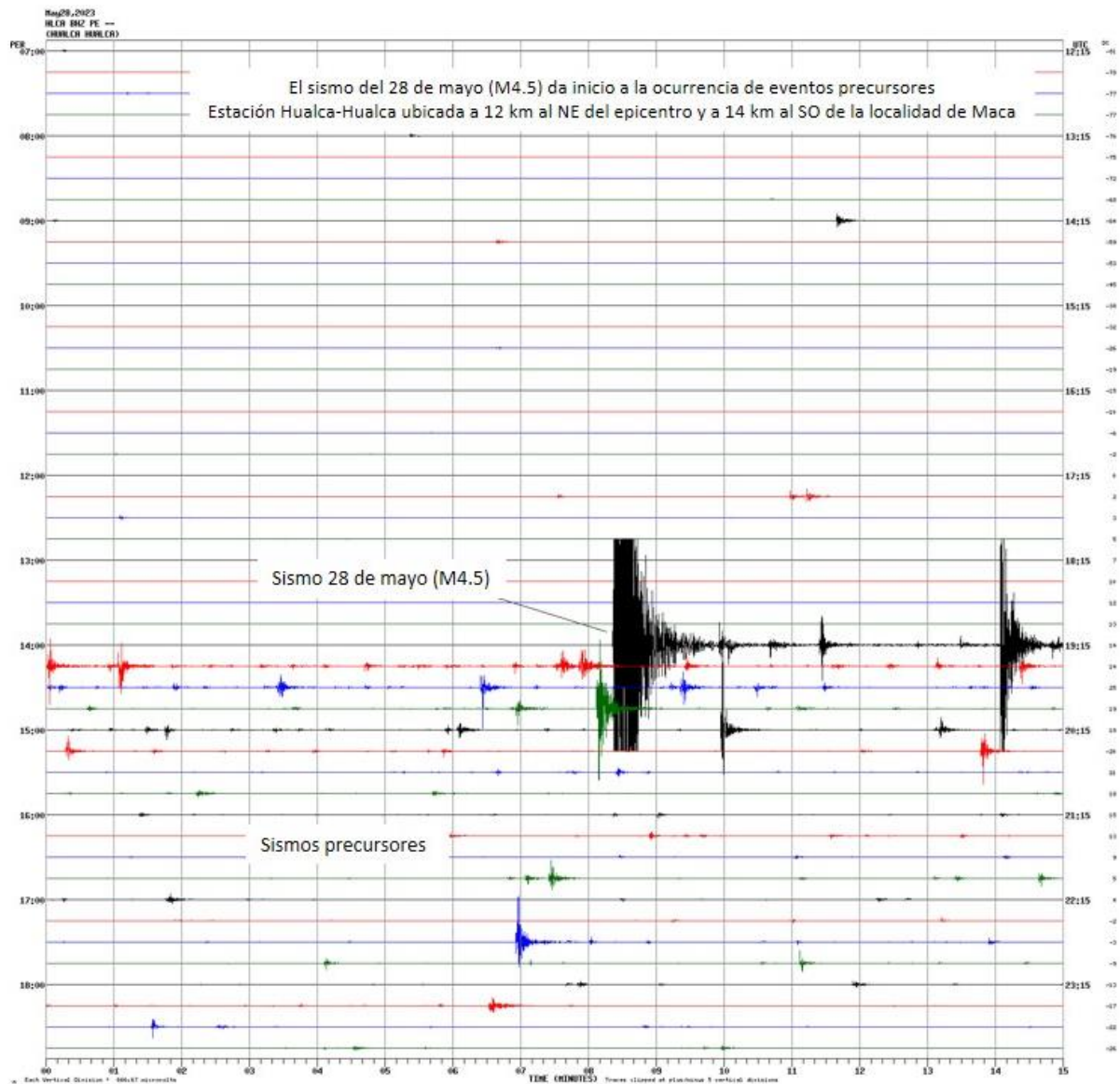


Figura 8: Sismograma de la estación Hualca-Hualca y el registro de la serie de eventos precursor al sismo ocurrido el 2 de junio de 2023 (M5.2)

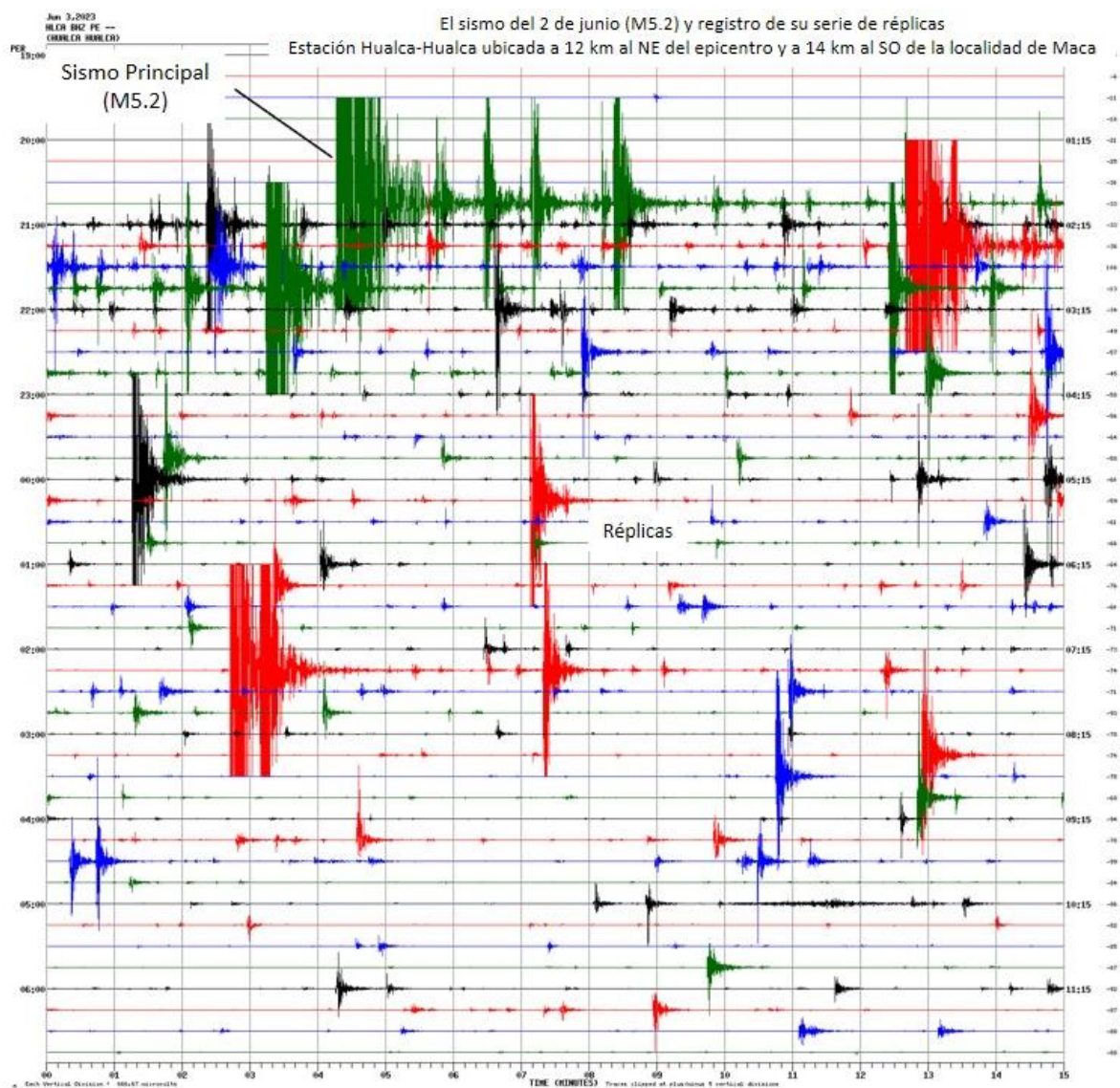


Figura 9: Sismograma de la estación Hualca-Hualca y el registro del evento sísmico principal (M5.2) y de su serie de réplicas durante las siguientes 24 horas

5.- EFECTOS EN SUPERFICIE

A la ocurrencia de sismos de elevada magnitud o que generen altos sacudimientos del suelo en zonas continentales, tal como es el caso del valle del Colca, son tres los efectos secundarios más importantes que se producen: (a) daño total o parcial en viviendas de adobe, (b) deslizamientos de piedras y tierra en áreas con pendientes altas afectando carreteras y (c), el desarrollo de procesos de licuación de suelos.

5.1.- Daños en viviendas

A la ocurrencia del sismo precursor del 28 de mayo (4.5) y del sismo principal del 2 de junio (M5.2), los niveles altos del sacudimiento del suelo se concentraron en una área reducida que considera a las localidades de Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Madrigal, Pinchollo, Achoma, Chivay y Yanque. En estas localidades y sus centros poblados se produjeron el colapso de algunas viviendas de adobe que obligaron a varias familias a pernoctar en carpas, otras viviendas con rajaduras, templos y colegios con caídas de muros (Figura 10). Según reportes del Módulo de Comunicaciones del COER Arequipa, autoridades locales y población, más de 50 familias fueron afectadas con el colapso total o parcial de sus viviendas de adobe, más de 60 viviendas con rajaduras y hasta 5 inhabitables. Se espera que en los próximos días se disponga de mayor información sobre la totalidad de los daños en viviendas y deslizamientos causados por el sismo de Maca del 2 junio (M5.2), así como los producidos por su serie de eventos precursoros y réplicas.



Figura 10: *Daños en viviendas y templos contruidos con material de adobe debido a los sacudimientos del suelo producidos por el sismo precursor del 28 de mayo (M4.5) y sismo principal del 2 de junio (M5.2) en localidades ubicadas en el área epicentral.*

5.2.– Deslizamientos

Según el Módulo de Comunicaciones del COER Arequipa, durante la ocurrencia del sismo precursor del 28 de mayo (M4.5) y sismo principal del 2 de junio (M5.2), en las carreteras de los sectores Peña Blanca, Tahuilqui, Cruz del Condor y Quiparani, y en general, en las que unen a las localidades de Maca con Pinchollo, Yanque con Chivay, Chivay con Maca y en Tisco, se produjeron importantes deslizamientos de piedras y tierras que llegaron a cerrar las carreteras e interrumpir el tránsito vehicular (Figura 11).



Figura 11: *Deslizamientos de rocas y tierras debidos a los sacudimientos del suelo producidos por el sismo precursor del 28 de mayo (M4.5) y sismo principal del 2 de junio (M5.2) en carreteras que unen a las localidades del valle del Colca.*

5.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

La distribución espacial de los eventos precursores, sismo principal y réplicas ocurridos en el valle del Colca desde el 28 de mayo hasta el 4 de junio 2023, y que afectaron a las localidades de Maca, Ichupampa, Lari, Coporaque, Madrigal, Pinchollo, Achoma, Chivay y Yanque tuvieron su origen en la reactivación temporal de la falla tectónica Colihuire–Huatajcucho ubicada al sur de la localidad de Maca (Figura 12).

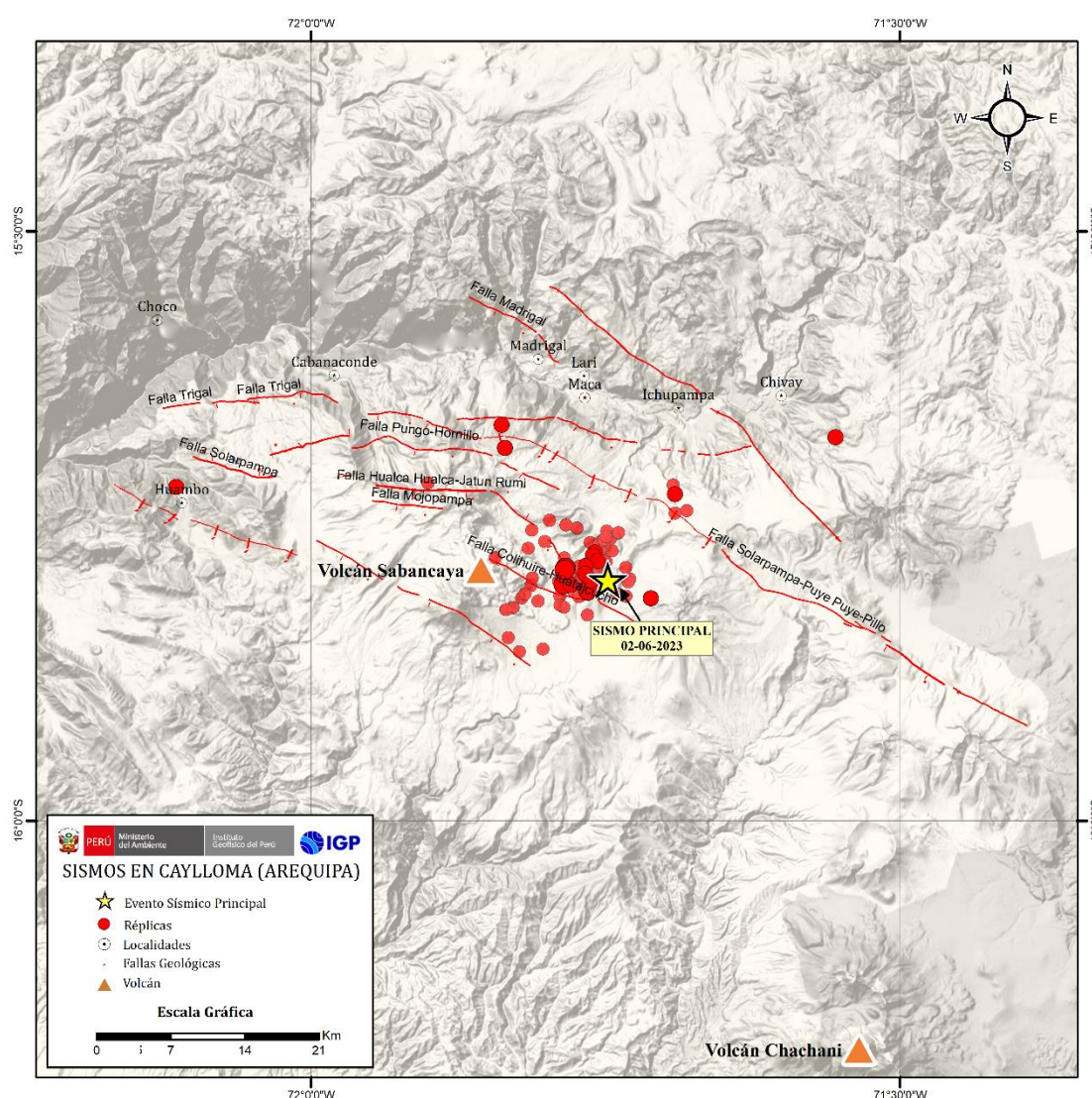


Figura 12: Distribución espacial del sismo de Maca del 2 de junio 2023 (M5.2) y de su serie de eventos precursores y réplicas con magnitudes mayores a M3.0.

Desde el año 1990, en la zona del valle del Colca, el Instituto Geofísico del Perú implementó una red de monitoreo sísmico como parte de la Red Sísmica Nacional y desde entonces, han ocurrido hasta 7 eventos con magnitudes entre M4.5 y M5.7 que han reactivado de manera temporal a diferentes trazas de fallas tectónicas de las muchas que existen en la zona de estudio. Las fallas más importantes son parte de los sistemas Maca-Sepina, Huambo-Cabanaconde y la falla Ichupampa. Cada uno de estos eventos sísmicos, presentaron un número variado de eventos precursoros y de réplicas con magnitudes mayores a M3.0 y focos con profundidades hasta de 25 km, lo cual confirma la importante deformación superficial que se desarrolla a lo largo del valle del Colca y que a la vez, han producido altos niveles de sacudimiento de suelo.

Antes, durante y posterior a la ocurrencia de los sismos de los años 1991, 1992, 1998, 2013, 2016, 2021 y 2022 (ver Figura 3), los volcanes Sabancaya, Ampato y Hualca-Hualca no mostraron ningún tipo de anomalía en su comportamiento dinámico; por lo tanto, la sismicidad debida a la reactivación de fallas tectónicas no tiene relación con posibles procesos eruptivos de los volcanes locales.

Conocida la geodinámica presente en el valle del Colca, debe entenderse que las diferentes fallas tectónicas existentes seguirán dando origen a sismos que producirán altos niveles de sacudimiento del suelo, afectando a las áreas urbanas cercanas y produciendo procesos de licuación de suelos y deslizamientos.

CONCLUSIONES

- El valle del Colca se caracteriza por presentar un complejo proceso de deformación superficial puesta en evidencia con la presencia de fallas tectónicas y lineamientos de diversas longitudes que en los últimos 35 años, han dado origen a sismos con magnitudes entre M4.5 y M5.7 en los años 1991, 1992, 1998, 2013, 216, 2021 y 2022.
- El sismo del 2 de junio de 2023 (M5.2) y su serie de eventos precursores y réplicas, habrían tenido su origen en la reactivación temporal de la falla Colihuire–Huatajcucho ubicada al sur de la localidad de Maca.
- El sismo del 2 de junio (M5.2) y los ocurridos en años anteriores, han mostrado que los sacudimientos de suelo al paso de las ondas sísmicas, solo han causado daños en viviendas, templos y colegios construidos con adobe y piedras. Asimismo, deslizamientos de tierra y piedras que siempre interrumpen el tránsito vehicular entre todas las localidades del valle del Colca.
- El sismo de Maca del 2 de junio (M5.2) 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 dinámicos completamente independientes.

RECOMENDACIONES

- Las autoridades locales y/o regionales deben elaborar los mapas catastrales de las localidades ubicadas a lo largo del valle del Colca considerando el material usado en la construcción de las viviendas, su edad, números de niveles y ubicación geográfica.
- Las autoridades locales y/o regionales deben firmar convenios con el Instituto Geofísico del Perú para la realización de estudios de zonificación de suelos a fin de conocer su composición geológica, morfología, geodinámica, así como los espesores de capas, presencia de napas freáticas y su comportamiento dinámico a la ocurrencia de sismos.
- Las autoridades locales y/o regionales deben realizar inspecciones geodinámicas a lo largo de las carreteras más importantes para identificar áreas de alta pendiente con rocas y tierras inestables que puedan representar un alto riesgo a deslizarse debido a los sacudimientos del suelo producidos por sismos.

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.
- 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.
- 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.

Tavera, H. (2021) Sismo de Cabanaconde – Pinchollo del 8 de octubre del 2021 (M5.5) (Región Arequipa). Informe Técnico N°026-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA, 22 pag.

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

Tavera, H. et al (2015). Sismo de Cabanaconde (Arequipa) del 28 de febrero, 2015 (4.5ML). Aspectos sismológicos. Informe Técnico N°01-2015 Instituto Geofísico del Perú, 20 pag.

Tavera, H. et al (2013). Sismo de Huambo – Cabanaconde (Arequipa) del 17 de julio, 2013. Aspectos sismológicos. Informe Técnico N°02-2013 Instituto Geofísico del Perú, 29 pag.

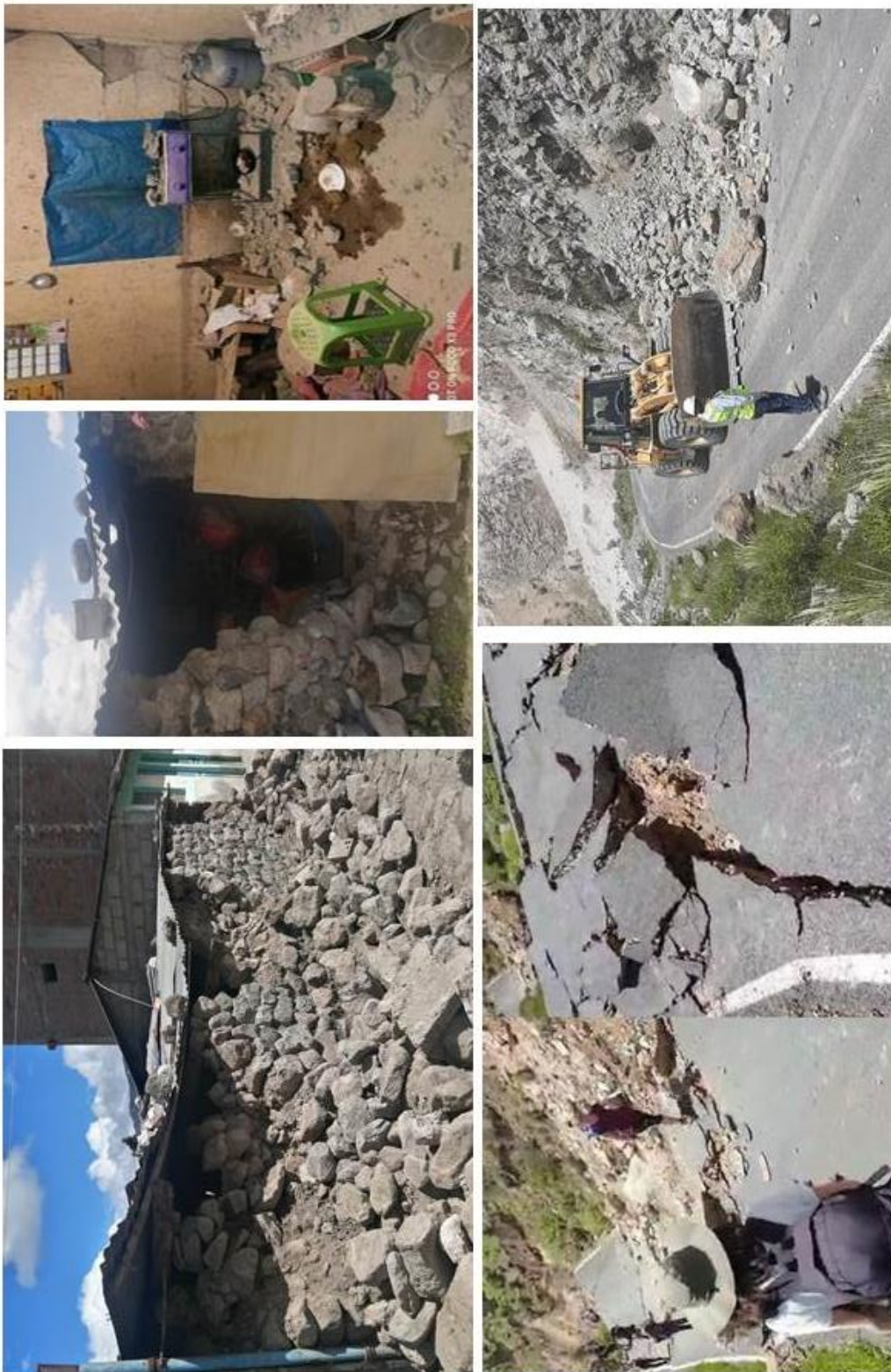
Tavera, H. et al (2013). Sismos de la Región del Volcán Sabancaya del 22 y 23 de febrero del 20. Aspectos sismológicos. Informe Técnico N°01-2013 Instituto Geofísico del Perú, 30 pag.

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.

ANEXO

Imágenes de daños en viviendas de adobe y deslizamientos de tierra y piedras producidos por los sismos ocurridos en el valle del Colca desde el año 1990. Los daños y efectos en superficie siempre son los mismos y por lo tanto, de deben tomar medidas preventivas para reducir el riesgo ante la ocurrencia de nuevos eventos sísmicos con similares características a los del pasado.

Sismo de Maca del 16 de marzo de 2022, magnitud M5.5



Sismo de Pinchollo del 18 de octubre de 2021, magnitud M5.5



Sismo de Ichupampa del 14 de agosto, 2016 con una magnitud M5.3





Sismo de Cabanaconde del 28 de febrero de 2015, magnitud M4.5



Sismo de Huambo del 17 de julio de 2013, magnitud M5.7



Sismos en Maca ocurridos entre los días del 22 al 23 de febrero del 2013 con magnitudes entre M4.5 y M5.2



