



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



SISMOTECTÓNICA DEL SISMO DE OMATE DEL 12 DE JULIO, 2022 (M5.4)

(Provincia de General Sánchez Cerro – Región Moquegua)

Informe Técnico N°022-2022/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Julio, 2022

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Informe Técnico

Sismotectónica del sismo de Omate del 12 de julio, 2022 (M5.4)
(Provincia de General Sánchez Cerro – Región Moquegua)

Autores

Hernando Tavera
Cristian Mamani
Estela Centeno
Julio Martínez

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

**SISMOTECTÓNICA EL SISMO DE OMATE
DEL 12 DE JULIO, 2022 (M5.4)**

(Provincia de General Sánchez Cerro - Región Moquegua)

Lima – Perú
Julio, 2022

RESUMEN

El 12 de julio 2022 ocurre un sismo de magnitud M5.4 con epicentro a 41 km al oeste del distrito de Omate (provincia de General Sánchez Cerro – región Moquegua). Este sismo se habría producido por la reactivación temporal de un tramo de la falla Chapi dentro del sistema Incapuquio. El sismo ocurrió a una profundidad de 18 km y por ello, generó en superficie, altos niveles de sacudimiento del suelo en un radio del orden de 50 km; además de deslizamientos de piedras y tierra en carreteras, y daños parciales en algunas viviendas de adobe en las áreas urbanas de Puquina y Capilla. Después de 15 horas de producido el sismo, se reportó la ocurrencia de 15 réplicas con magnitudes menores a M4.7.

Esta actividad sísmica no tiene relación con una posible reactivación del volcán Ubinas, ya que ambos procesos son completamente diferentes.

INDICE

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Tectónica local

2.- EL SISMO DEL 12 DE JULIO, 2022

2.1.- Parámetros hipocentrales

2.2.- Intensidades

3.- RÉPLICAS Y ACELERACIÓN DEL SUELO

3.1.- Aceleración del suelo

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

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 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 (1998) y Tavera y Buforn (2001). En este sentido, los sismos con origen en el proceso de convergencia de placas alcanzan variadas magnitudes, siendo los mayores a M7.0 menos frecuentes y cuando ocurren 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 y están asociados a la reactivación de fallas tectónicas. Cuando ocurren estos sismos, presentan focos superficiales generando en superficie altos niveles de sacudimiento del suelo en áreas relativamente pequeñas. Por ejemplo, los sismos del Alto Mayo (San Martín) del 30 de Mayo de 1990-1991 (M6.0-6.5), los sismos ocurridos el 12 de Abril de 1998 (M5.2) y 17 de julio del 2013 (M5.7) debido a la reactivación temporal de la falla Huambo - Cabanaconde.

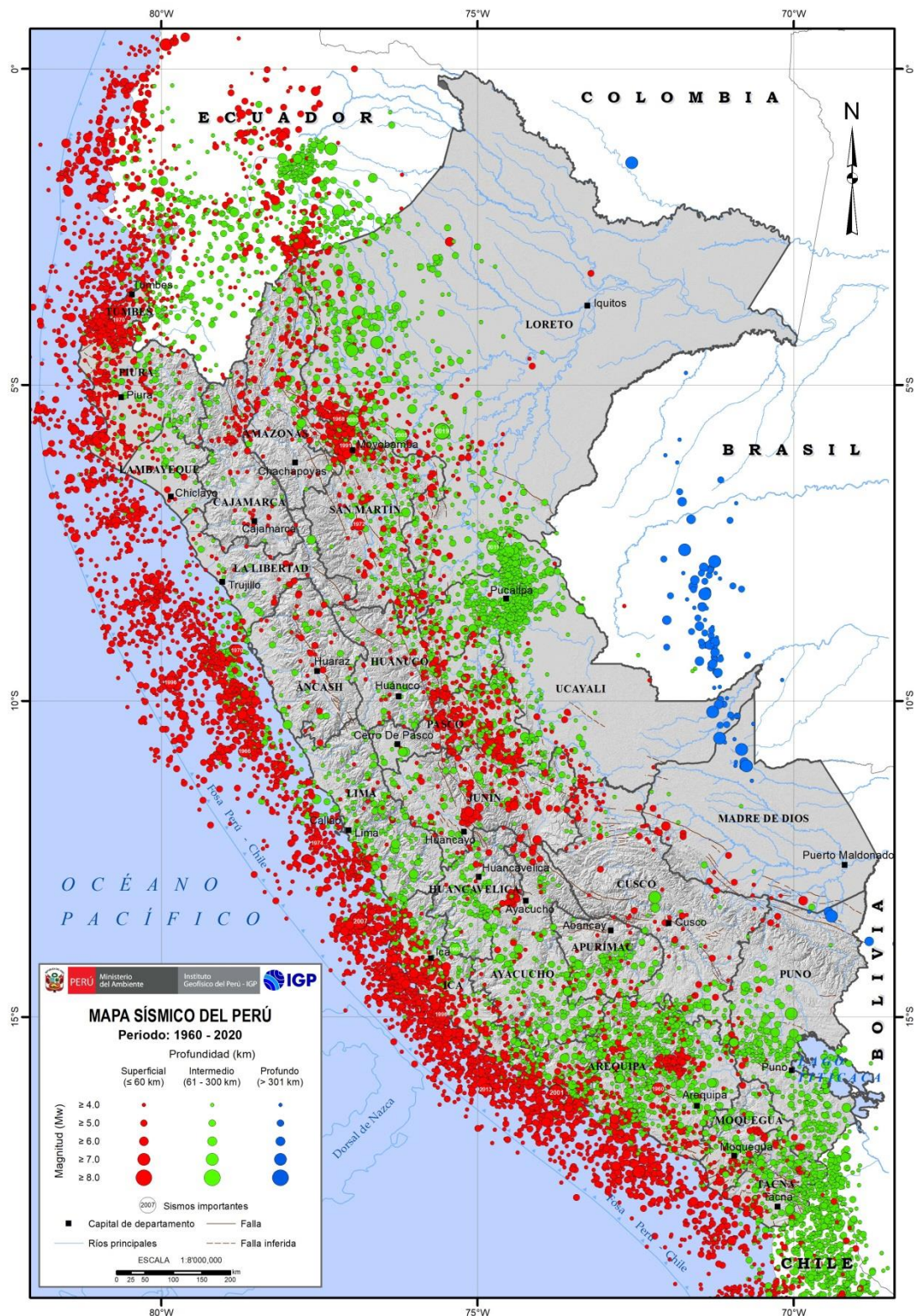


Figura 1: Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2020. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

En la región sur del Perú, el día 12 de julio del 2022 ocurre un sismo de tipo cortical con una magnitud moderada de M5.4 y epicentro ubicado a 41 km al oeste del distrito de Omate (provincia de General Sánchez Cerro – región Moquegua). El sismo ocurrió a una profundidad de 18 km (foco superficial) y los niveles de sacudimiento del suelo afectaron a las localidades y ciudades de Omate, Puquina y Capilla, siendo la intensidad evaluada en la escala de Mercalli Modificada de $I_{max}=V-VI$.

1.1.- Tectónica local

Según Macharé et al (2003), a lo largo de la zona andina de las regiones de Tacna y Moquegua existe un gran número de trazas de fallas tectónicas como parte del sistema llamado Incapuquio (Figura 2). Este sistema se extiende desde los cerros Canterayoc (Moquegua) hasta el cerro Colorado (Tacna). En la región de Moquegua, se extiende desde los cerros Canterayoc hasta cerro Grande, límite entre las regiones de Moquegua y Tacna. La falla tiene una longitud de ~60 km con una dirección $N26^{\circ}O$ y con un buzamiento al norte. Esta falla afecta depósitos aluviales y coluviales cuaternarios, rocas cretácicas de las formaciones Huaracané, Paralaque y Quellaveco, rocas paleógenas de las formaciones Sotillo y Moquegua, y rocas neógenas de la Formación Millo e intrusivos del batolito de la Costa (Benavente et al, 2021).

Al sur de la falla Incapuquio, están las fallas Chapi y América, ambas identificadas en los espejos de fallas mediante las estrías que se forman por el rozamiento de los bloques cuando se desplazan. Es posible que estas fallas presenten desplazamientos del tipo normal con componente dextral (Mamani, 2003).

En este informe se presenta y se describe los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, réplicas y niveles de sacudimiento del suelo, así como su interpretación sismotectónica

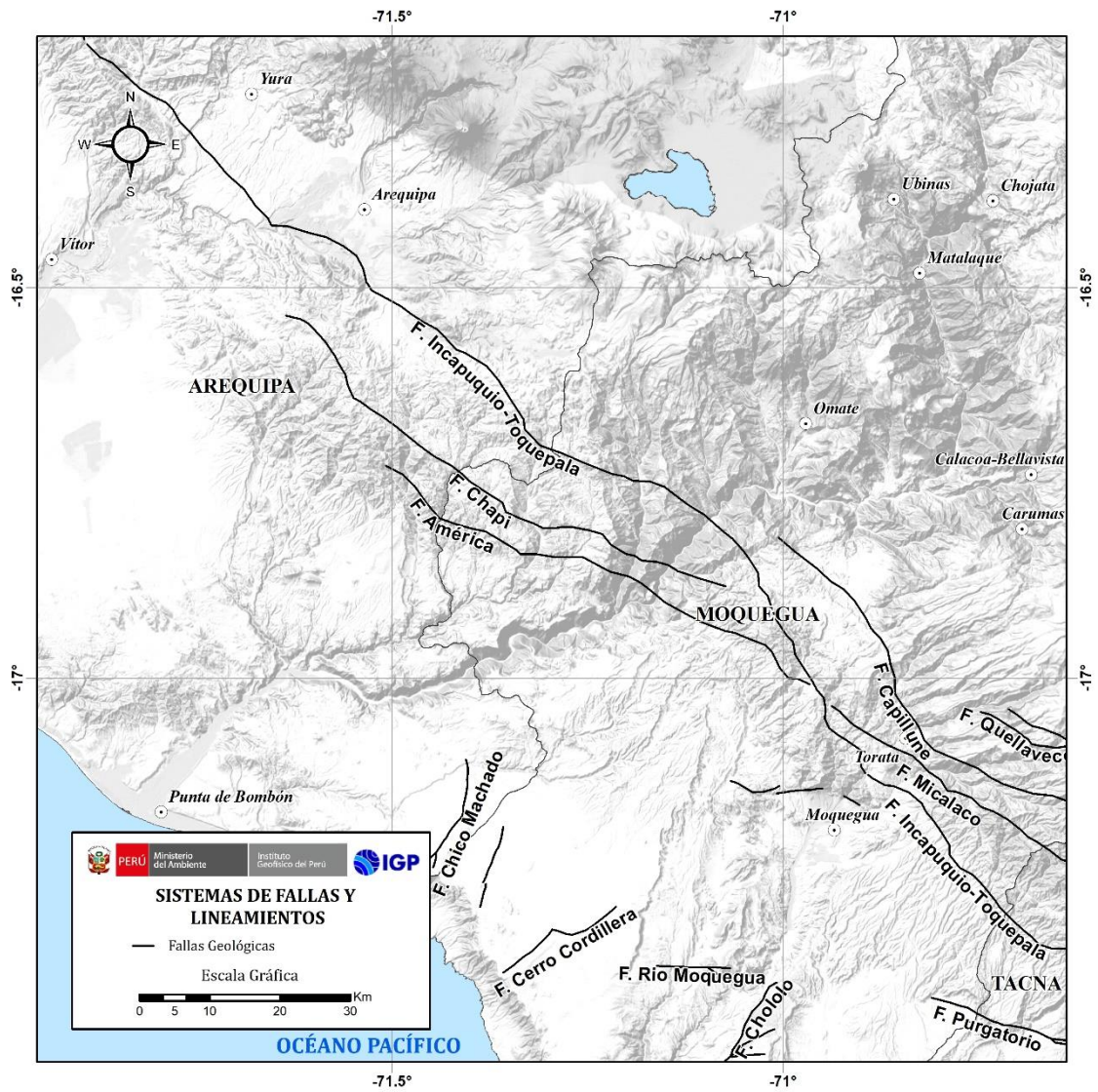


Figura 2.- Principales fallas tectónicas presentes en la región Moquegua y Arequipa como parte del sistema Incapuquio (Acosta et al, 2010).

2.- SISMO DEL 12 DE JULIO, 2022

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 12 de julio del 2022 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 3):

Tiempo Origen: 23h 36min del día 12 de julio, 2022 (Hora Universal)
18h 36 min del día 12 de julio, 2022 (Hora Local)
Latitud Sur: -16.88°
Longitud Oeste: -71.35°
Profundidad: 18 km
Magnitud: M5.4
Epicentro: A 41 km al oeste de Omate (región Moquegua)
Intensidad Máxima: V-VI en la escala Mercalli Modificada

De acuerdo a estos resultados, el sismo tuvo origen en la reactivación temporal de un tramo de la falla Chapi como parte del sistema Incapuquio a una profundidad de 18km.

2.2.- Intensidades

Ocurrido el sismo de Omate, se realizó la evaluación de 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

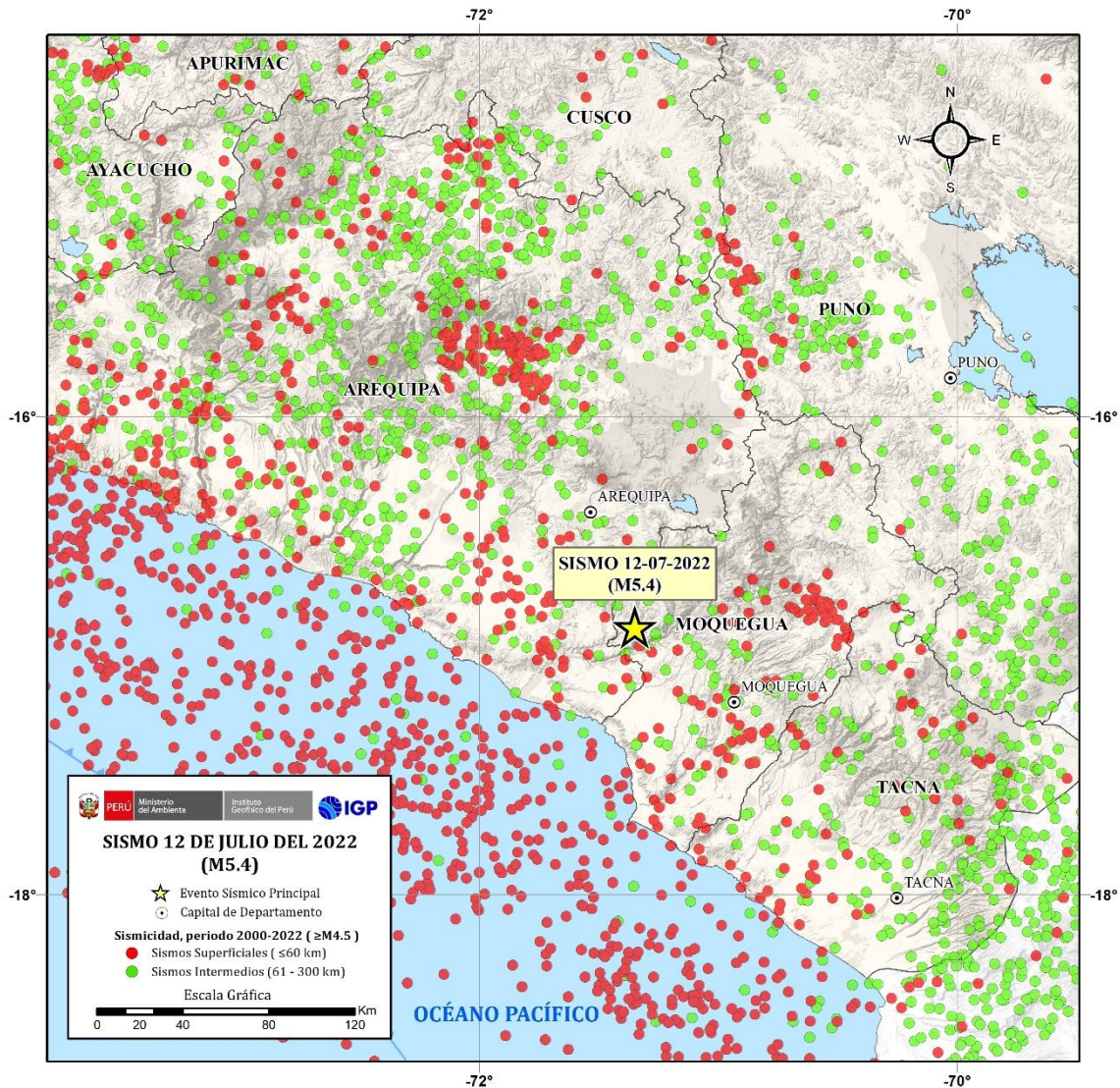


Figura 3.- Sismicidad en la región sur del Perú y ubicación del sismo de Omate del 12 de julio 2022 (M5.4)

Áreas urbanas de Capilla, Puquina y Omate (Intensidad V-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 adobes de algunas casas y caída de muros de piedra; además de deslizamientos de piedras y tierra en carreteras.

Áreas urbanas de Arequipa, Moquegua y Tarata (Intensidad V MM): El sacudimiento del suelo fue intenso y causó pánico en toda la población que salieron a las calles. Se produjo vibración de ventanas y puertas y la oscilación de objetos colgantes.

Áreas urbanas de Mollendo, Punta de Bombón y Yura (Intensidad 1V-MM): El sacudimiento del suelo fue moderado, algunas personas salieron a la calles.

Áreas urbanas de Aplao, Camaná, Ichuña (Intensidad V-MM): El sacudimiento del suelo fue leve y algunas personas salieron a las calles.

De acuerdo a lo indicado, los daños producidos en superficie debido al sacudimiento del suelo fueron en viviendas que aún mantienen la construcción tradicional de zonas andinas; es decir, viviendas con paredes de adobe, piedras y calaminas. Del mismo modo, en zonas de alta pendiente se han producido deslizamientos de piedras y tierra, principalmente en carreteras (Figura 4).



Figura 4: Daños en viviendas de adobe en la localidad de Puquina y deslizamientos de piedras y tierra en carreteras.
(Fuente: Facebook Municipalidad Distrital de Villa Puquina / Facebook LEGO Noticias AQP)

3.- RÉPLICAS Y ACELERACIÓN DEL SUELO

El sismo de Omate del 12 de julio de 2022, fue seguido por 15 réplicas durante las primeras 12 horas después de ocurrido el sismo principal. Estas réplicas presentaron magnitudes menores a M4.5 y produjeron sacudimientos del suelo de menor intensidad en comparación con el sismo principal (Tabla 1). Es posible que las réplicas continúen ocurriendo en las próximas horas pero en menor frecuencia y magnitud hasta que la falla que se ha reactivado se estabilice. En la Figura 6 se muestra el registro del sismo principal y de la serie de réplicas ocurridas durante las primeras 10 horas después del sismo principal, pudiendo comparar su frecuencia en el tiempo y las amplitudes de las señales registradas para comprender que los esfuerzos acumulados se van liberando con el pasar de las horas.

Tabla 1.- Parámetros Hipocentrales de las réplicas reportadas por el CENSIS para el sismo de Omate

Fecha	Hora Local	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud	Intensidad
12/07/2022	18:36:12	-16.88	-71.35	18	5.4	V-VI Omate
13/07/2022	19:04:43	-16.80	-71.24	14	3.6	III Omate
13/07/2022	19:08:19	-16.81	-71.24	15	3.8	III-IV Omate
13/07/2022	19:23:57	-16.81	-71.30	19	3.9	IV Omate
13/07/2022	19:35:12	-16.81	-71.27	12	3.5	III Omate
13/07/2022	19:47:26	-16.79	-71.24	12	3.4	III Omate
13/07/2022	20:20:49	-16.80	-71.26	15	3.7	III Omate
13/07/2022	20:30:04	-16.81	-71.28	19	4.4	IV Omate
13/07/2022	20:45:10	-16.81	-71.27	18	3.8	III Omate
13/07/2022	21:21:28	-16.79	-71.29	22	3.6	III Omate
13/07/2022	21:55:31	-16.80	-71.26	18	3.6	III Omate
13/07/2022	4:13:34	-16.82	-71.31	15	4.7	IV-V Omate
13/07/2022	5:06:53	-16.79	-71.31	15	3.6	III Omate
13/07/2022	5:54:43	-16.80	-71.31	13	3.5	III Omate
13/07/2022	10:56:36	-16.78	-71.28	16	3.7	III Omate
13/07/2022	11:05:29	-16.83	-71.32	17	4.4	III-IV Omate

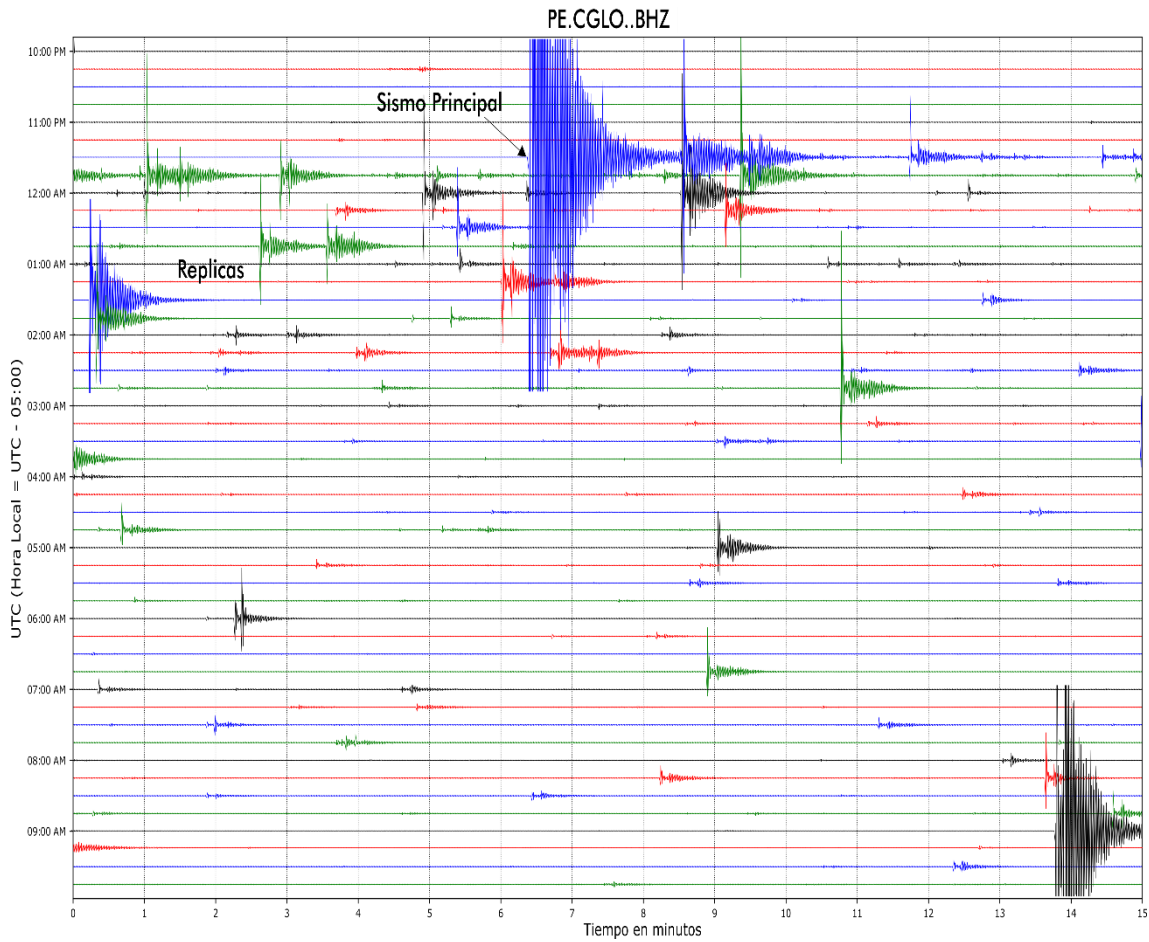


Figura 6: Sismograma de la estación Cerro Gloria (CGLO) ubicada a 60 km en dirección NO del epicentro. Obsérvese el registro del sismo de Omate y serie de réplicas ocurridas en las siguientes 10 horas posterior al sismo principal.

3.1.- Aceleración 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. El sismo de Omate fue registrado por un gran número de sensores de aceleración distribuidos en la región sur del Perú gracias al convenio firmado entre el IGP, el CIP Consejo Nacional y SENCICO para dar origen al servicio ACELERADATA a cargo del Instituto Geofísico del Perú. A continuación se detalla los niveles de aceleración del suelo registrados en cada una de las componentes de registro.

- **Componente vertical:** Según la componente vertical de registro, las mayores aceleraciones fueron del orden de 80 cm/seg² entorno del área epicentral; es decir, localidades de Capilla y Puquina. En la ciudad de Arequipa la aceleración del suelo fue de 60 cm/seg²; mientras que, en la ciudad de Moquegua fue del orden de 40 cm/seg² (Figura 7a).

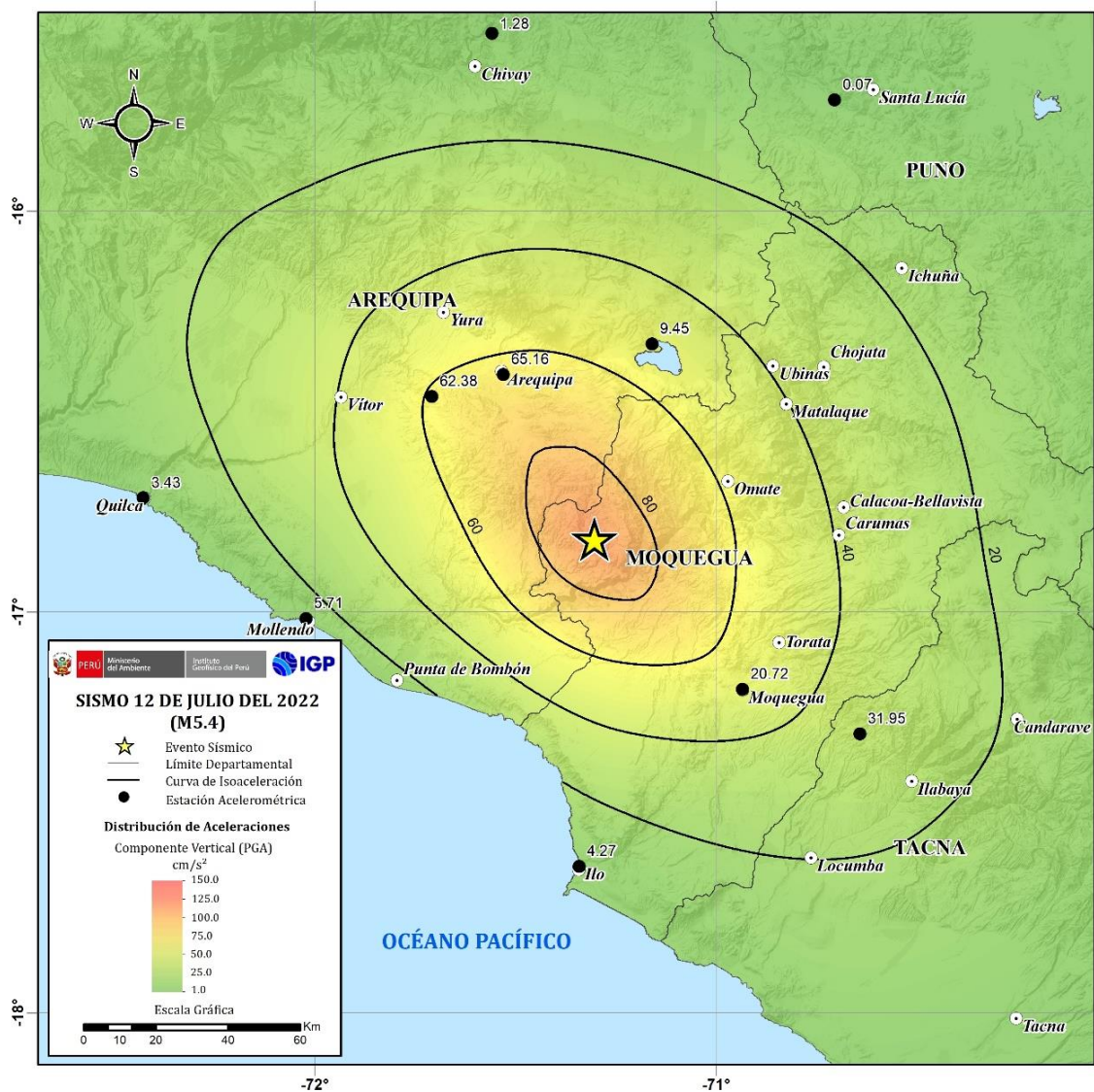


Figura 7a. Aceleraciones del suelo en la componente vertical para el sismo de Omate (M5.4)

.- Componente norte – sur: Según la componente norte-sur de registro, las mayores aceleraciones fueron del orden de 100 cm/seg² entorno del área epicentral; es decir, localidades de Capilla y Puquina. En la ciudades de Arequipa y Omate las aceleraciones del suelo fueron del orden de 80 cm/seg²; mientras que, en la ciudad de Moquegua fue del orden de 60 cm/seg² (Figura 7b).

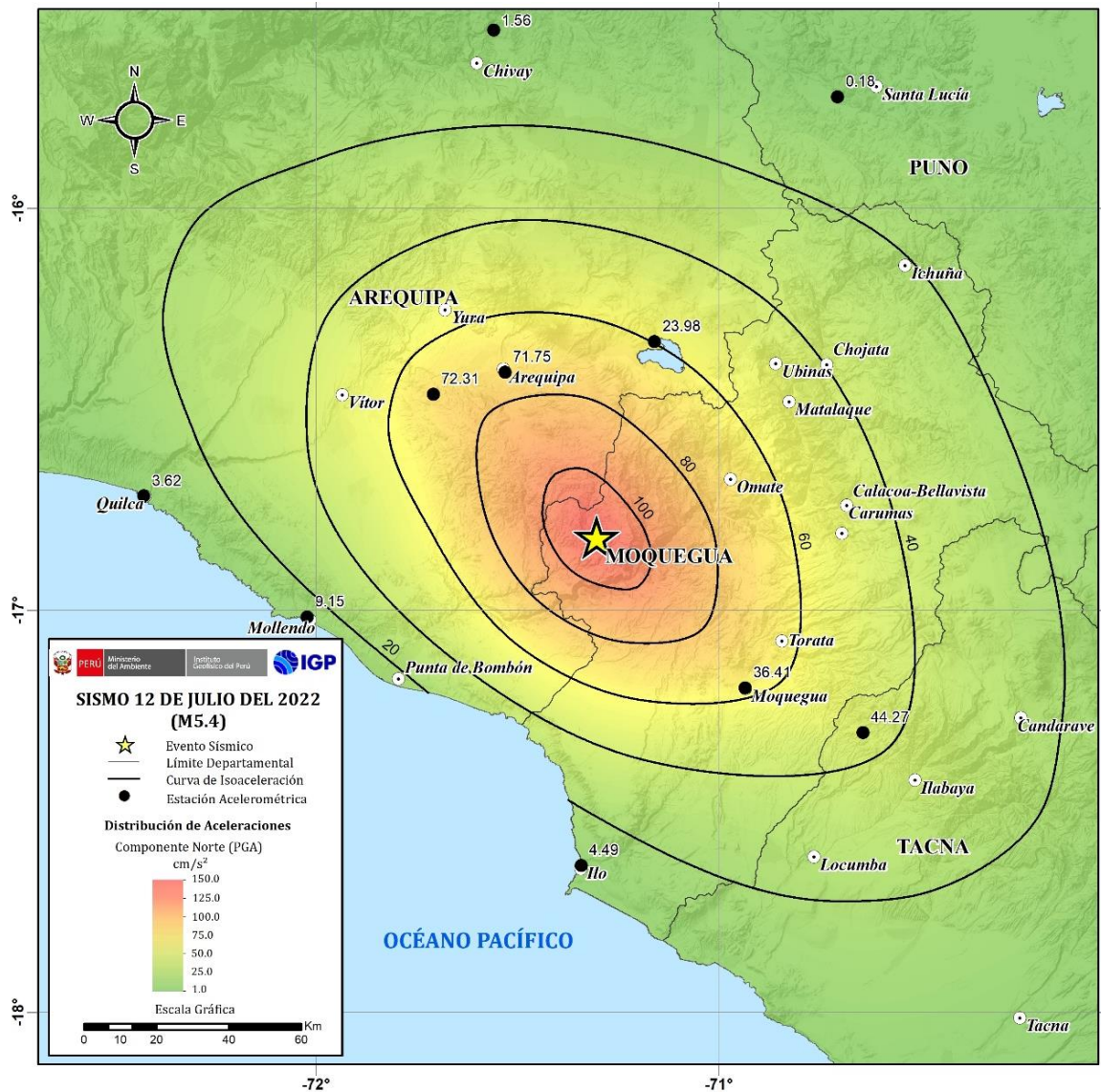


Figura 7a. Aceleraciones del suelo en la componente norte-sur para el sismo de Omate (M5.4)

.- Componente este oeste: Según la componente este-oeste de registro, las mayores aceleraciones fueron del orden de 100 cm/seg^2 entorno del área epicentral; es decir, localidades de Capilla y Puquina. En las ciudades de Arequipa y Omate las aceleraciones del suelo fueron del orden de 80 cm/seg^2 ; mientras que, en la ciudad de Moquegua fue del orden de 60 cm/seg^2 (Figura 7c).

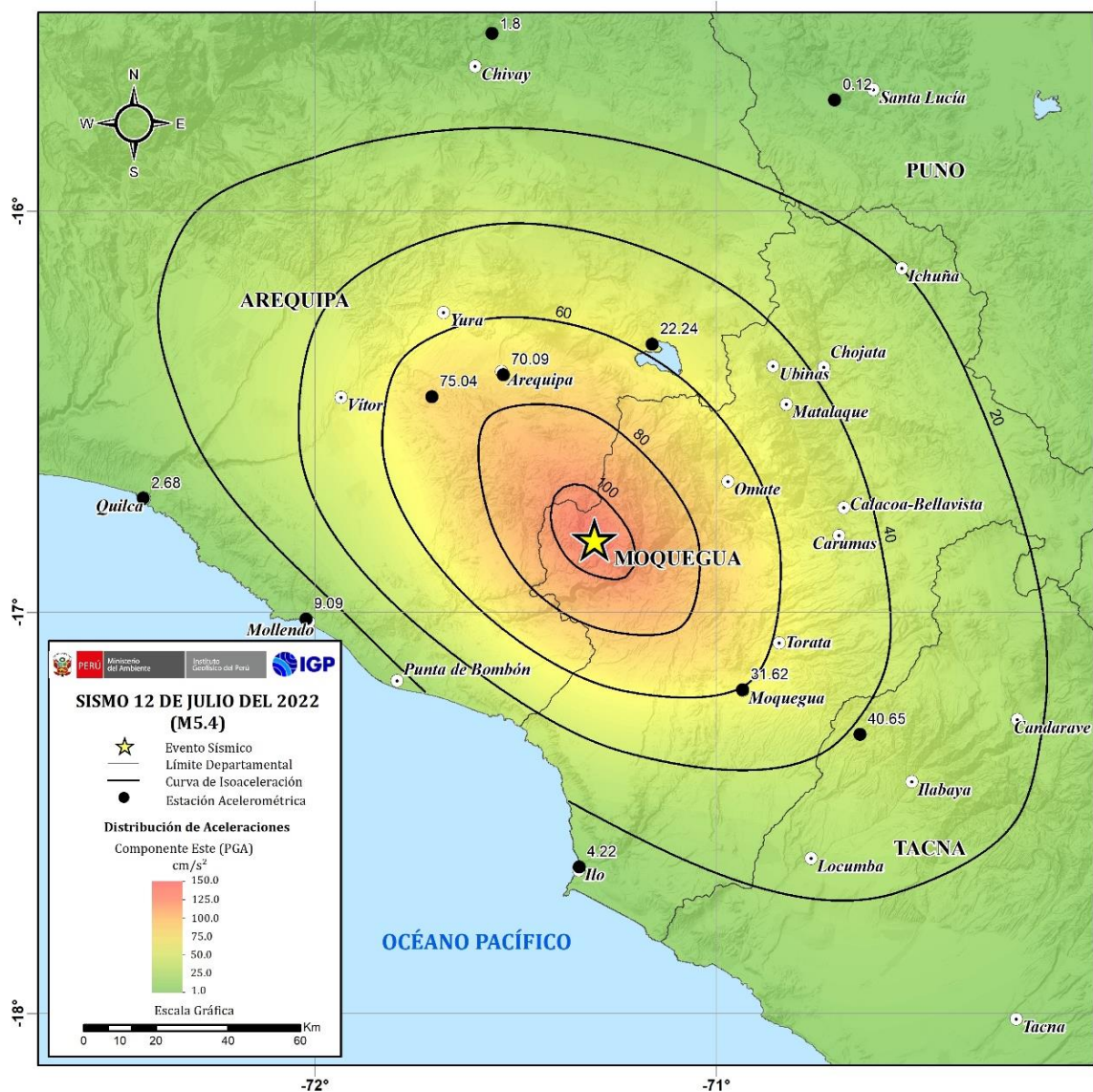


Figura 7c. Aceleraciones del suelo en la componente este-oeste para el sismo de Omate (M5.4)

Según la Figura 7, las altas aceleraciones del suelo producidas por el sismo de Omate en las poblaciones y ciudades de La Capilla, Puquina, Omate y Arequipa, fueron suficientes para generar el colapso de paredes de adobe y daños en viviendas construidas con adobe, así como deslizamientos en zonas de pendiente alta, especialmente en carreteras. Asimismo, estos altos niveles de sacudimiento del suelo produjeron alarma en la población, motivo por el cual salieron a las calles.

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

La actividad sísmica superficial que ocurre en el Cañon del Colca (Arequipa) y en la zona de cordillera, en las regiones de Moquegua y Tacnao está asociada a la deformación cortical que se produce en continente como resultado del proceso de convergencia de placas frente a la zona costera. La Figura 8 corresponde a una sección o perfil que muestra la distribución de los sismos en profundidad asociados al proceso de convergencia de placas y en ella se comprueba que los sismos sigue la tendencia ya definida por Tavera et al (2020) para la región sur del Perú. Asimismo, en esta distribución se corrobora que el sismo de Omate del día 12 de julio 2022 ocurrió a niveles superficiales y debe estar asociado a la reactivación de fallas tectónicas.

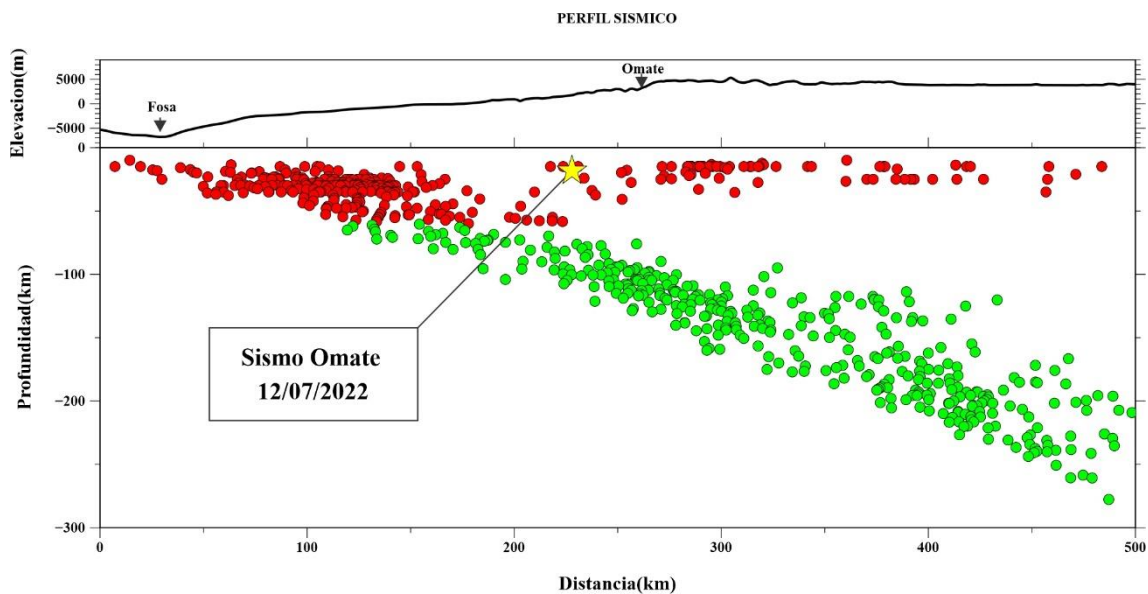


Figura 8.- Perfil de sismicidad para la región sur del Perú y ubicación del hipocentro del sismo de Omate del 12 de julio 2022 (M5.4).

En la Figura 9 se muestra el mapa de fallas tectónicas para la región Moquegua y en ella se observa que el epicentro del sismo de Omate y su serie de réplicas se distribuyen sobre un extremo de la falla Chapi ubicada a 41 km al oeste de la ciudad de Omate. La distribución espacial de las réplicas sugiere que el área de fractura o liberación de

energía fue de 11x6 km, lo cual explicaría los altos niveles de sacudimiento del suelo en un área circunscrita en una radio de 40 km desde el epicentro del sismo.

Una vez concluida la ocurrencia de réplicas, en la misma zona se iniciara un nuevo proceso de acumulación de esfuerzos y deformación que a futuro, podrían dar origen a un nuevo sismo que generaría, en superficie, similares escenarios de sacudimiento del suelo y daños.

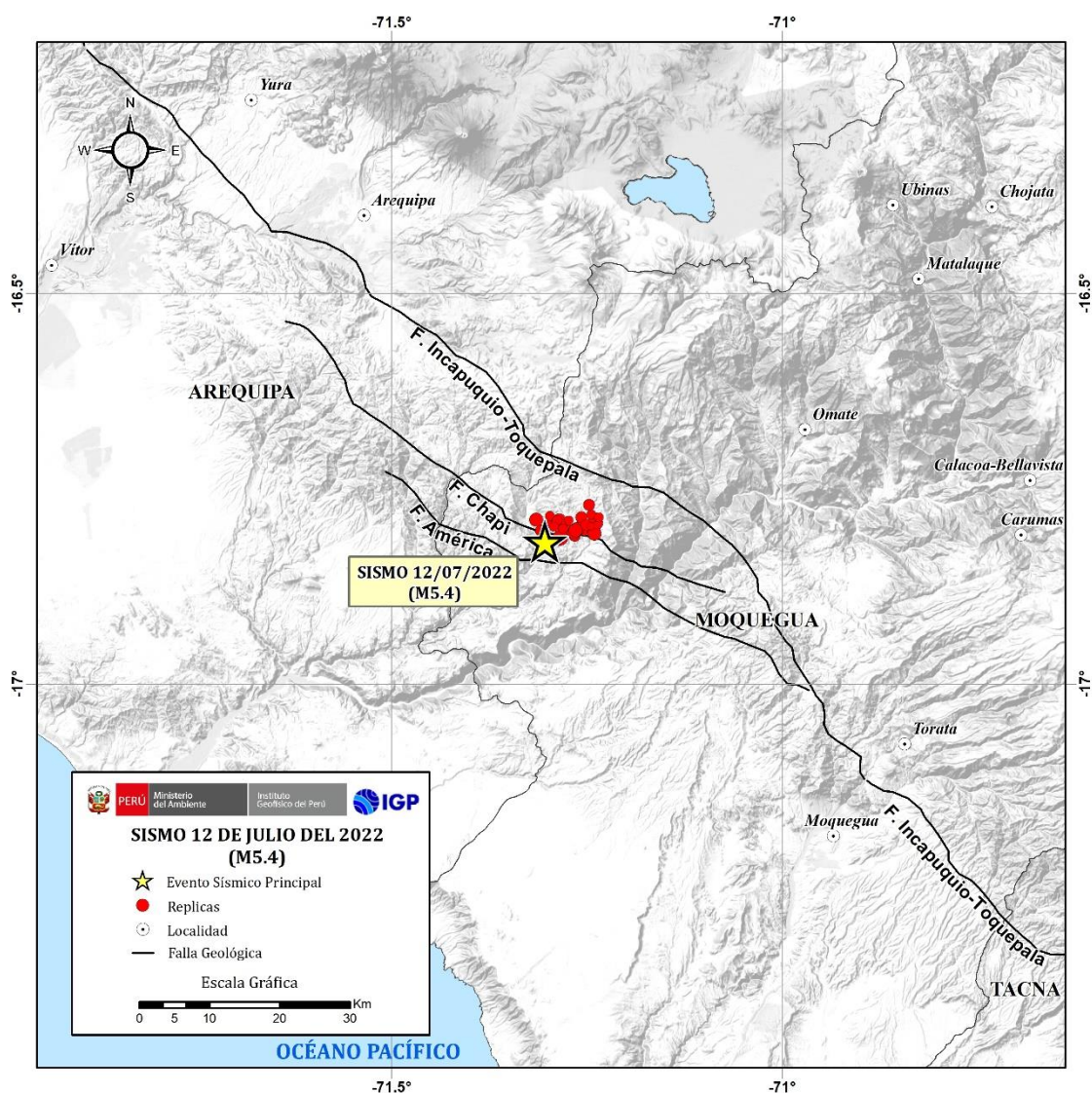


Figura 9: Distribución espacial de sismo de Omate del 12 de julio 2022 (M5.4) y de serie réplicas.

CONCLUSIONES

- La región sur del Perú se caracteriza por presentar un complejo proceso de deformación cortical y/o superficial puesta en evidencia con la presencia de fallas tectónicas, lineamientos de diversa longitud y la presencia de una importante cadena volcánica. Históricamente, las fallas tectónicas han dado origen de manera continua, a sismos de variada magnitud seguidos por réplicas de menor magnitud durante un periodo de tiempo aun difícil de definir.
- El sismo del 12 de julio de 2022 (M5.4) y su serie de habrían tenido su origen en la reactivación temporal de un tramo de la falla Chapi como parte del sistema conocido como Incapuquio. Este sismo se produjo a una profundidad de 18 km, lo cual explica los altos niveles de sacudimiento del suelo percibidos hasta distancias del orden de 50 km, tal es el caso de la ciudad de Arequipa.
- . El sismo de Omate produjo aceleraciones del suelo del orden de 80-100 cm/seg², suficientes para generar altos niveles de sacudimiento del suelo con los consecuentes daños en viviendas precarias, deslizamientos y alarma general de la población.
- El sismo de Omate, no tiene relación con una posible reactivación del volcán Ubinas. En la región sur, las fallas y los volcanes desarrollan procesos dinámicos completamente independientes.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta et. al (2010). XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 Cusco p. 742-745
- 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.
- Benavente et al, (2021). Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Moquegua. INGEMMET Boletín C79 (2021).
- DeMets et al (1990). Current plate motions. Geophys. J. Int. 101, 425-478.
- 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.
- 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.
- Macharé et al (2003). Database and Map of Quaternary Faults and Folds in Perú and its Offshore Region. Open File Report, USGS.
- Mamani, F. (2003). Geología Estructural y su Influencia en la Estimación de Recursos Minerales de la mina Chapi. Empresa Minera Milpo S.A.

Norabuena et al (1999). Deceleration Nazca-Souht America and Nazca-Pacific Plate Motios. *Gephys. Res. Lett.*, 26, 3405-3408.

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

Tavera, H. y E. Buforn (2001). Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*. 5, 519-539.

Tavera, H. y E. Buforn, (1998). Sismicidad y sismotectónica de Perú. En: A Udias y e. Buforn (eds). *Sismicidad y sismotectónica de Centro y Sudamérica. Física de la Tierra UCM, N°10, 187-219.*

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.

