

Orientación de la Fuente del Terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 y de algunas Réplicas Importantes

*Hernando Tavera, Simeón Rodríguez y Efraín Fernández
Centro Nacional de Datos Geofísicos*

Resumen

Se analiza la orientación de la fuente sísmica del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 y de una serie de 15 réplicas importantes para las cuales se dispone de mecanismos focales. La distribución espacial de las réplicas muestra una propagación bilateral de la ruptura en dirección SE cubriendo un área de 370x150 km². El mecanismo focal del terremoto de Arequipa y de las réplicas ubicadas entre la línea de costa y la fosa indican el desarrollo de un proceso compresivo dentro de un rango de profundidad menor a 50 km y con eje de presión orientado en dirección similar al desplazamiento de las placas. Las réplicas que se ubican en el interior del continente corresponden a procesos extensivos producto de la deformación interna de la placa de Nazca a profundidades del orden de 60 km y a la deformación continental cerca de la superficie.

Abstract

We analyze the orientation of the seismic source of the June 23, 2001 Arequipa earthquake and of a series of 15 important aftershocks whose focal mechanisms are available. The spatial distribution of the aftershocks shows a bilateral propagation of the rupture in the SE-direction covering an area of 150x370 km². The focal mechanism of the Arequipa earthquake and of the aftershocks located between the coastline and the trench indicate the development of a compressive process within a depth range smaller than 50 km and with the pressure axes oriented in a direction similar to that of plate displacement. The aftershocks located in the continental interior correspond to extensive processes produced by the internal deformation of the Nazca plate at depths in the order of 60 km and to continental deformation close to the surface.

Introducción

En la región Sur de Perú, el terremoto del 23 de Junio de 2001 (Mw=8.2) ocurrió después de un periodo de silencio sísmico de 133 años, considerando al terremoto de Agosto de 1868 como el último ocurrido en esta región. El terremoto de Arequipa fue sumamente destructivo ya que produjo daños graves en la infraestructura local y causó muchas muertes en los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna. La intensidad máxima observada en estos departamentos fue de VII-VIII MM, el mismo que se extendió hasta las ciudades de Arica e Iquique en Chile.

El estudio de las réplicas obtenidas por una red sísmica local (Antayhua et al., en este informe), ha permitido inicialmente observar un área de ruptura de 370x150 km², además de una posible propagación de la ruptura en dirección SE. Asimismo, Tavera (en este informe) indica que el terremoto de Arequipa del 23 de Junio obedece a un

proceso compresivo cuyo mecanismo focal sugiere un eje de presión orientado en dirección E-W aproximadamente; sin embargo, no se conoce si las réplicas obedecen a este mismo proceso o si existe una diversidad de orientaciones para los ejes principales propios de los procesos complejos de ruptura asociados a terremotos de magnitud elevada. En este estudio se presenta los parámetros focales del terremoto de Arequipa y de una serie de 15 réplicas de magnitud mayor e igual a 5 mb para los cuales la Universidad de Harvard ha reportado valores para sus mecanismos focales. También se discute las características de la distribución de los ejes de esfuerzo principal, además de realizar el recálculo de los parámetros hipocentrales de las réplicas utilizando datos de la Red Sísmica Nacional a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP).

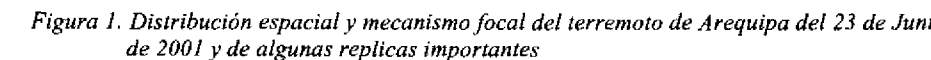
Tabla 1

*Parámetros hipocentrales del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001
y de algunas de sus réplicas importantes*

Fecha ddmmaaaa	Tiempo GMT hh.mm.ss	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Prof. (km)	Mag. (mb)	Nº
23062001	20:33:14.2	-16.20	-73.75	28.0	6.9	1
25062001	03:49:	-16.02	-74.01	24.4	5.0	5
25062001	06:38:	-16.42	-73.10	25.5	5.1	6
25062001	22:14	-17.26	-70.53	60.2	5.4	7
26062001	04:18:0000	-17.73	-71.34	25.0	6.0	2
26062001	08:47	-15.79	-74.19	33.0	5.1	8
26062001	17:27:	-17.79	-72.32	14.5	5.2	9
27062001	00:21:	-18.16	-71.65	26.5	5.2	10
28062001	21:35:	-17.16	-73.15	14.2	5.0	11
29062001	22:33:	-15.86	-70.92	8.1	5.0	12
30062001	08:57:	-18.11	-72.27	5.8	5.5	13
01072001	11:06:	-17.41	-73.34	15.0	5.1	14
03072001	12:57:	-16.67	-74.05	8.8	5.4	15
05072001	13:53:0000	-15.56	-73.45	64.0	6.1	3
07072001	09:38:0000	-17.38	-71.78	19.0	6.5	4
27072001	22:42:	-17.07	-73.15	9.7	5.2	16

Datos

Los parámetros hipocentrales del terremoto de Arequipa y de sus réplicas principales contenidas en la Tabla 1, fueron obtenidos por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) utilizando datos de estaciones de la Red Sísmica Nacional distribuidas en la región Sur (www.igp.gob.pe/cns/). Para calcular los parámetros hipocentrales de cada réplica se ha utilizado lecturas de las fases P y S en más de 4 estaciones, el modelo de



Las réplicas 3 y 7 se deben a procesos de deformación interna de la placa de Nazca a niveles intermedios y la réplica 12, a deformaciones producidas cerca de la superficie.

Orientación de la Fuente

Los parámetros que definen la orientación de la fuente del terremoto de Arequipa y para las réplicas 2, 3 y 4 fueron obtenidos por Tavera (en este informe), y para el resto de réplicas reportadas por la Universidad de Harvard a partir del método CMT (Centroid Moment Tensor). En general, el terremoto de Arequipa y las réplicas ubicadas entre la línea de costa y la fosa presentan mecanismos focales con similar orientación y describen el desarrollo de procesos compresivos originados por la convergencia de las placas, tal como se muestra en la Figura 1. Los planos nodales de estos mecanismos se orientan en dirección NNW-SSE coherente con la orientación del plano de fricción de placas y con la dirección de desplazamiento de la placa de Nazca (N80°). Asimismo, estas réplicas presentan profundidades menores a 50 km. Los mecanismos focales para las réplicas 3 y 7 son del tipo normal y presentan profundidades del orden de 60 km, lo cual indica que estos deben su origen al proceso de deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente como resultado del desplazamiento de las placas durante el terremoto de Arequipa.

La réplica 12, corresponde a uno de los sismos de magnitud moderada ($m_b=5.0$) producidos por el proceso de deformación continental a consecuencia del terremoto de Arequipa. Este sismo presenta un mecanismo de tipo normal y una profundidad para su foco del orden de 8.1 km coherente con el tipo de deformación presente en la Alta Cordillera. Al ocurrir este sismo, causó alarma en las localidades de Santa Lucía y Lampa (departamento de Puno) debido a que produjeron deslizamientos de tierra y piedras, además de emanaciones de agua. La intensidad evaluada en la ciudad de Puno y en la localidad de Ilave fue de IV (MM) y en Juliaca y Ayaviri de III (MM).

Distribución de Esfuerzos

En la Figura 2a se presenta el mapa de distribución de la proyección en superficie de los ejes P y T para el terremoto de Arequipa y réplicas principales según la Tabla 1. Los ejes de presión (P) de las réplicas ubicadas entre la línea de costa y la fosa presentan una orientación similar a la del terremoto de Arequipa; es decir, entre NE-SW

hasta NEE-SWW, coherente con el patrón de deformación regional según Tavera y Buform (2001) y con la dirección del desplazamiento de placas según DeMets et al., (1990). En el interior del continente, la orientación de los ejes de tensión (T) sigue el mismo patrón definido anteriormente.

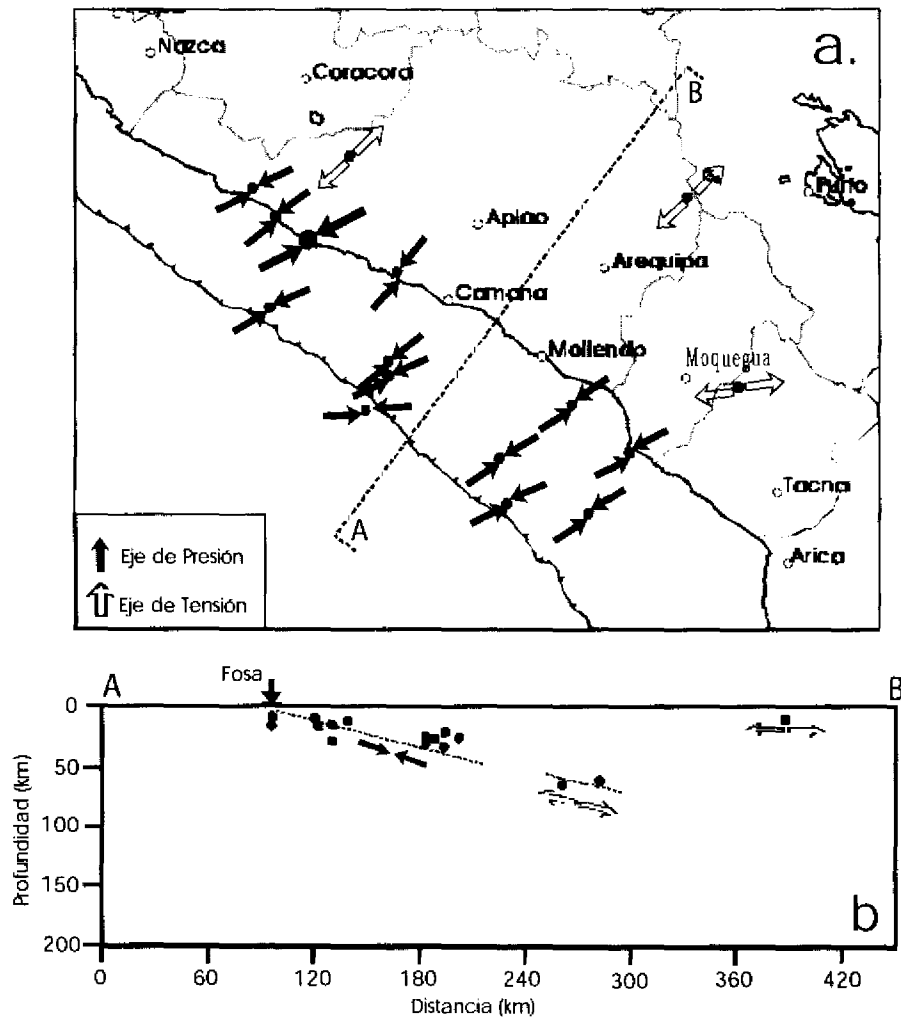


Figura 2. a). Distribución de la proyección en superficie de los ejes P y T para el terremoto del 23 de Junio de 2001 y replicas principales. b) Sección vertical según la dirección A-B y principales ejes de esfuerzo.

La distribución del total de las réplicas en función de la profundidad de sus focos, muestra la presencia de dos tipos de deformación a diferentes niveles de profundidad. La primera corresponde a un proceso netamente compresivo debido a la convergencia de placas y que se desarrolla hasta una profundidad menor a 50 km. Este

proceso dió origen al terremoto de Arequipa y esta indicado en la Figura 2b con flechas negras. El segundo proceso de debe a la presencia de fuerzas de tensión a profundidades del orden de 60 km asociados a procesos de deformación interna de la placa de Nazca. Asimismo, a niveles muy superficiales, se ha producido una importante deformación de tipo extensional presente en la Alta Cordillera. Este último tipo de deformación se ha producido en respuesta a la deformación regional producida por el terremoto de Arequipa a todos los niveles de profundidad.

Conclusiones

El terremoto de Arequipa tuvo su origen en el proceso de convergencia de placas, desarrollado en la región Sur de Perú. La distribución espacial de las réplicas sugiere que la ruptura se propagó de forma unilateral desde el hipocentro, en dirección SE cubriendo un área de aproximadamente 370x150 km².

El terremoto de Arequipa y las replicas que se ubican entre la fosa y la línea de costa presentan mecanismos focales de tipo inverso con planos nodales orientados en dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento de las placas. La distribución de las replicas en función de la profundidad de sus focos, sugiere que la superficie de fricción de placas alcanza una profundidad máxima del orden de 60 km. Las replicas con epicentros en el interior del continente, presentan mecanismos focales de tipo normal y sugieren la ocurrencia de procesos extensivos a profundidades del orden de 60 km debidos probablemente a la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente.

El terremoto de Arequipa y su serie de réplicas produjeron o reactivaron posibles fallas de tipo normal presentes en la Alta Cordillera.

Bibliografía

- DeMets et al., (1990). *Geophys. Jour. Int.*, 101, 425-478.
- Rodríguez, (1994). Informe Interno, Instituto Geofísico del Perú, 14 p.
- Tavera et al., (2002). *Journal of Seismology*, (in press).
- Tavera y Bufo, (2001). *Journal of Seismology*, 5, 519-540.
- Wollard, (1975). *Rev of Geophys.*, 14, 87-137.