

Revista Geofísica • 70 • 2020 • Artículos • 9-15 ISSN (impresa): 0252-9769 • ISSN (en línea): 2663-4015 DOI: https://doi.org/10.35424/rgf.i70.960 Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0

Resolución de parámetros del terremoto del 3 de marzo de 1985 a partir de la distribución de las deformaciones

Resolution of the March 3, 1985 Earthquake (Chile) Parameters from the Distribution of Deformations

> Manuel Araneda¹ Maria Soledad Avendaño² Edgar Kausel³

Recibido el 18 de enero de 2021; aceptado el 8 de septiembre de 2022

Resumen

Variaciones de elevación registradas mediante medidas geodésicas, cambios de la componente vertical de la gravedad y observaciones directas de solevantamientos costeros, asociados al terremoto del 3 de marzo de 1985 cuya magnitud fue Ms=7.8, permitieron obtener un modelo estático de dislocación de la falla que ajusta adecuadamente con la ubicación de los hipocentros de las replicas.

El modelo consta con un segmento de falla con pendiente de 5° hacia el este, que se hace más inclinado en profundidad (22°- 25°) con deslizamiento de 0.4 a 0.6 m en la parte superficial y 1.8 a 2.1 m en la sección mas profunda. Estos resultados concuerdan con soluciones dinámicas obtenidas por otros autores e indican que gran parte del momento sísmico proviene de los tramos más profundos de la falla, donde se han encontrado las replicas de mayor magnitud.

Variaciones relativas de la gravedad observadas antes y después del terremoto indican que la ruptura se extendió hasta algo más al sur de Pichilemu. La información es insuficiente para estimar el límite norte de la ruptura.

Palabra clave: sismología, asperezas, tectónica

- Servicios Geofísicos en Minería e Ingeniería (SEGMI), Santiago, Chile, correo electrónico: segmi@netexpress.cl
- ² Servicios Geofísicos en Minería e Ingeniería (SEGMI), Santiago, Chile, correo electrónico: segmi@netexpress.cl
- ³ FALTA ADSCRIPCIÓN.

Abstract

Elevation changes observed in geodetic surveys, changes in the vertical component of the gravity, and direct observations of coastal uplift, were associated with the Ms = 7.8 march 3, 1985 earthquake. A static dislocations model is proposed to both satisfy the elevation changes and the aftershocks distribution the model is divided two segments: a) from the trench, a shallow fault plane dipping 5°E with 0.4-0.6 m of displacement and b) form the continuation of the previous dislocation, a deeper fault plane dipping 22°-25°E with 1.8-2.1 m of slip. These results are consistent with the dynamic solutions obtained by different authors and indicated that most of the moment release occurred in the deeper parts of the fault where the largest aftershocks took place.

Differences in the vertical component of gravity observed prior and after the main event, indicate that the rupture extended south of Pichilemu. There is insufficient information to estimate the northern bound of the rupture region.

Key words: seismology, roughness, tectonic

Introducción

Varios trabajos se han publicado respecto al proceso de ruptura del terremoto del 3 de marzo de 1985, en Chile. Barrientos (1989) resumen los principales resultados dando énfasis tanto en los aspectos en que hay acuerdo como en aquellos en que hay discrepancias. Christensen (1986), Choy(1988), Comte (1986) y Dziewonski (1985) hacen un detallado análisis del mecanismo, distribución de asperezas y propagación de la ruptura mediante modelación de la forma de las ondas de volumen.

Anderson (1986), Houston (1987), (1989) discuten el contenido de las altas frecuencias del terremoto de Valparaíso de 1985 respecto al terremoto de México durante el mismo año, haciendo uso de acelerogramas, señalando el mayor contenido de altas frecuencias en los registros del terremoto de Chile. Barrientos (1988) realiza una serie de estudios del mecanismo de ruptura del sismo de Valparaíso a partir de las deformaciones co-sísmicas de la superficie terrestre, detectada por nivelaciones efectuadas antes y después del terremoto, estos son muy interesantes en cuanto a confirmar parte de los resultados obtenidos por modelación de ondas de volumen en el campo lejano. La particular conclusión a que llegan Choy (1988) y Houston (1987) en el sentido que una proporción importante del momento sísmico proviene de la zona mas profunda de la ruptura. Choy (1988) interpreta los resultados como una evidencia de que las asperezas mayores de la superficie de falla estaban localizadas a 40-45 km bajo el continente. Esta característica la obtiene Barrientos (1988) en términos de mayores deslizamientos de la falla a profundidad en comparación con los movimientos registrados en zonas de falla mas someros próximos a la fase.

El método de inversión utilizado por Barrientos (1988) fija la geometría de la falla, rumbo y manteo de la superficie de falla y dirección del deslizamiento, en esta caso N10°E, 18°O y según la máxima pendiente respectivamente, y se busca la distribución de la magnitud del deslizamiento que mejor explique las deformaciones superficiales registradas por nivelaciones pre y post terremoto. La escasa cantidad de los perfiles de deformación superficial no permite la inversión simultánea de todos los parámetros desconocidos. Es por ello que Barrientos (1988) ajusta la distribución del deslizamiento sobre una superficie de falla de geometría dada.

Por supuesto la inversión puede hacerse fijando un grupo distinto de los parámetros. En este estudio se ha elegido determinar el manteo y deslizamiento medio de una falla de rumbo y dirección de deslizamiento dados. Esto permitirá conocer si la falla cambia de manteo en profundidad como lo sugiere la distribución de sismos que delinean el plano de Benioff en la región del terremoto. Dado que el único perfil de nivelación disponible, San Antonio a Santiago, tiene una dirección predominante oeste-este, pasando por Algarrobo y Casablanca, Figura 1 no es posible determinar con precisión la variación Norte-Sur, de los parámetros de la falla de manera que nuestra interpretación es esencialmente bidimensional, reflejando principalmente las características de ruptura en el entorno del perfil, es decir en la sección central de la falla, lejos de los extremos norte 32.5°S y sur 34.5°S.

En primer lugar se fijó el rumbo de la falla. Soluciones encontradas para el mecanismo focal a partir de movimientos de la onda P en el campo lejano con rumbos que varían entre N 20°E y N 20°O que reflejan la dirección general de la fosa marina y la costa de Chile central entre los 32°S y 34°S de latitud, Figura 1.

La Figura 2 muestra el efecto de proyectar los datos de la nivelación de San Antonio-Santiago en tres distintas direcciones A-A', B-B' y C-C'. La proyección O-E (A-A') es la mejor, hace coincidir los datos del extremo San Antonio-Algarrobo con los del tramo Algarrobo-Casablanca, por lo tanto esta dirección compatibiliza los datos con una interpretación bidimensional.

La Figura 3 nuestra los datos del perfil en la dirección A-A' con distribución de réplicas determinadas por Pardo (1986) a partir de los datos de la red local de estaciones sísmicas. En esta figura se ha agregado el rango de soluciones compatibles con las deformaciones superficiales y distribución de réplicas, haciendo uso de relaciones que expresan el deslizamiento en la superficie de un semi espacio homogéneo en función de la geometría de una dislocación plana en su interior. Se observa un tramo de la falla de inclinación 5°E con desplazamiento medio 0.52 m y un tramo más profundo de manteo 22°-25°E con deslizamiento de 1.8-2.1 m. La sensibilidad de la solución de las variaciones de los parámetros del modelo se puede ver en la Figura 4. En ella se ha modelado una falla de poca inclinación (5°E) de longitud total AC igual a la mostrada en la Figura 3. Un desplazamiento distribuido uniformemente sobre toda la falla de 0.6 m ajustar adecuadamente la deformación observada entre Casablanca y Santiago,

pero está muy lejos de explicar el solevantamiento costero. Por el contrario, un desplazamiento mayor de 2.3 m permite ajustar el solevantamiento costero, se desvía totalmente de los datos del interior del continente. La única forma de ajustar la razón solevantamiento costero/hundimiento interior igual a -4 es profundizar el extremo C de la falla aumentando la inclinación del tramo BC para disminuir el efecto sobre la subsidencia de la superficie terrestre entre Casablanca y Santiago. El punto B debe permanecer a menor profundidad con el objeto de ajustar el mayor solevantamiento costero. Es evidente que cambios en el tramo AB no afectan mayormente los resultados.



Figura 1. Plano de ubicación del terremoto con el área de réplicas.



Figura 2. Datos de nivelación entre Santiago y San Antonio y proyección de los datos de nivelación entre Santiago y San Antonio en las direcciones A-A', B-B' y C-C'.



Figura 3. Deformación continentales observadas siempre que el desplazamiento sea claramente menor que el desplazamiento en el tramo.



Figura 4. Ajuste de un modelo de falla inclinado en 5°.

Discusión de los resultados

El conjunto de soluciones obtenidas en este estudio muestran algunas características importantes. El manteo de la falla del sismo de Marzo de 1985, aumenta de 5° en el tramo marino a unos 22°-25° bajo el continente. El desplazamiento medio es también mayor en el tramo profundo que en aquel más cercano a la fosa. Estos resultados están de acuerdo con lo observado por Choy (1988) quien encuentra que la zona principal de la falla corresponde a una aspereza ubicada en el extremo mas profundo bajo el continente, zona donde se libera gran parte del total del momento sísmico. Se observa además que las réplicas mayores se ubican en esta misma región de la falla, lo que es aun de mayor interés es que los mecanismos de foco de estas réplicas ubicadas más cerca de la fosa marina tienen planos de falla no más de 10° de manteo hacia el Este. Estos resultados en Choy (1988) se ajusta muy bien a la variación del manteo del modelo bidimensional obtenido.

Con el objeto de limitar el plano de falla hacia el Norte y Sur se estudiaron las diferencias de gravedad, Araneda (1994) y (2006-2010) a partir de mediciones realizadas antes y después del terremoto de 1985. La Figura 5 muestra las diferencias (post sismo menos presismo) de las mediciones realizados



Figura 5. Muestra la diferencia post sismo menos presismo.

cerca de la costa entre La Ligua y Pichilemu. Valores negativos de g implican solevantamientos y valores positivos corresponden a hundimientos.

Las mediciones fueron hechas con dos gravimetros LaCoste Romberg entre La Ligua y Pichilemu. Las variaciones de gravedad confirman el solevantamiento de la costa detectado tanto por la nivelación entre Llolleo y Algarrobo como por observaciones visuales de lugareños, ver Figura 1. Sin embargo al sur de Navidad y norte de Pichilemu, la gravedad estaría indicando un hundimiento costero. En general la zona de Quintero-Pichilemu corresponde al tramo cubierto por las réplicas del terremoto y abarca por lo tanto la superficie de ruptura.

Referencias

- Anderson, J. G., Badin, P., Brune, J. N., Prince, J., Singh, S. K., Quaas, R. and Onate, M., 1986. Strong ground motion from the Michoacan, México earthquake. *Science*, 233, 1043-1049.
- Araneda, M., Avendaño, M. S. 1994. *Gravity variation in Central Chile, recent geodetic and gravity research in Latin America*, ed. By W. Torg Springer Verlag.
- Araneda, M., Avendaño, M. S. 2006-2010. Observaciones gravimétricas y nivelaciones en el proceso del terremoto del 3 de marzo de 1985, Chile. *Revista Geofísica*, 62, Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Barrientos, S. E. y Kausel, E. 1989. Génesis y proceso de ruptura del terremoto del 3 de Marzo de 1985. *Revista de Geofísica*, 45 (2).
- Barrientos, S. E. 1988. Slip distribution of the 1985 Central Chile earthquake. *Tectonophysics*, 145, 225-241.
- Christensen, D. G. y Ruff, L. J. 1986. Ruptura process of the March 3, 1985 Chilean earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, 13, 721-724.
- Choy, G. L. y Dewey, J. W. 1988. Rupture process of an extended earthquake sequence: Teleseismic analysis of the Chilean earthquake of March 3, 1985. J. *Geophys. Res.*, 93 (B2), 1103-1118.
- Comte D., Eisemberg, A., Lorca, E., Pardo, M., Ponce, L., Saragoni, R., Sigh, K., Suarez, G. 1986. The 1985 Central Chile earthquake: A repeat of previous great earthquake in the region. *Science*, 233, 449-453.
- Dziewonski, A. M., Franzen, J. E., Woodhouse, J. H. 1985. Centroid moment tensor solutions for January-March. *P. Phys. Eart. Planet. Inter.*, 40, 249-258.
- Houston, H. and Kanamori, H. 1987. Source spectra of great earthquake: Teleseismic constraints on rupture and strong motion. *Bull. Seis. Soc. Am.*, 76, 19-42.
- Houston, H. and Kanamori, H. 1989. Comparison of strong-motion spectra with Teleseismic spectra for the three magnitude subduction-zone earthquake, BSSA.
- Pardo, M., Comte, D., Eisemberg, A. 1986. Secuencia sísmica de marzo en Chile Central. Proceedings 4tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica and Internacional Seminar on the Chilean earthquake of March 3, 1985. Viña del Mar, 2-4 Abril 1986: Tomo 1 A1-A15.