

La Península de Arauco (37,15°S-37,9°S): ¿barrera y aspereza sísmica?

Jorge Quezada*, Edilia Jaque, Alfonso Fernández, Arturo Belmonte, Carolina Martínez
Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

* email: jquezad@udec.cl

Resumen. La Península de Arauco es un relieve emergido cercano a la fosa que fue epicentro del terremoto Mw=8,1 del 21 de mayo de 1960 y por lo tanto aspereza sísmica y pudo ser barrera sísmica para los terremotos de 1960 y 1953. Pudo ser aspereza sísmica para el terremoto de 1835 y no fue barrera sísmica para este evento así como para el terremoto de 2010 donde además no fue aspereza sísmica. Lo anterior evidencia que rupturas grandes atraviesan zonas de barreras sísmicas de terremotos pequeños y las asperezas sísmicas son irregulares en el tiempo en una misma zona.

Palabras Claves: Península, Arauco, barrera, aspereza

1 Introducción

La Península de Arauco es un relieve emergido situado a sólo 85 km de la fosa y constituye una prolongación de 35 km hacia el W del litoral medio en la Región del Biobío (Fig. 1). Tiene una longitud de 85 km entre los 31,15°S y 37,9°S. Por el norte y sur, la Península de Arauco es flanqueada por las islas Santa María y Mocha, localizadas a 10 y 60 km de ella respectivamente. Geomorfológicamente está conformada por una terraza marina pleistocena y otra holocena y un relieve acolinado más elevado en su parte occidental. Geológicamente, está constituida por rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias, afectadas por fallas normales de rumbo NE-SW. Melnick et al. (2009) señalan la existencia de fallas inversas, pero no existen evidencias concretas en terreno de su presencia. La Zona de Fractura de Mocha, es una falla transformante que se evidencia en la batimetría de la Placa de Nazca que se está subductando frente al borde sur de la Península de Arauco. Tiene rumbo N60°E y su traza intersecta la fosa a los 38,2°S/75°W y la prolongación de ella hacia el NE, intersecta el litoral de la Península de Arauco al sur de la ciudad de Lebu, a los 37,66°S/73,66°W. Debido a su cercanía con la fosa, esta zona ha experimentado un importante alzamiento cosísmico durante los terremotos de 1835, 1960 y 2010. El principal evento sísmico del siglo XX comenzó el 21 de mayo de 1960 con un sismo Mw=8,1, siendo el primer evento de la gran ruptura sísmica Mw=9,5 que culminó al día siguiente. El epicentro del terremoto del 21 de mayo de 1960 se infiere que ocurrió en la Península de Arauco, no existiendo evidencias de movimientos verticales situados más al norte de este relieve (Plafker y Savaje, 1970). Por tal motivo, la Península de Arauco puede considerarse una aspereza y barrera sísmica. En el presente trabajo, se

analiza este hecho, considerando con más detalle la ruptura sísmica de 1960 en la zona de la Península de Arauco, así como la ruptura de los terremotos de 1835 y 2010.

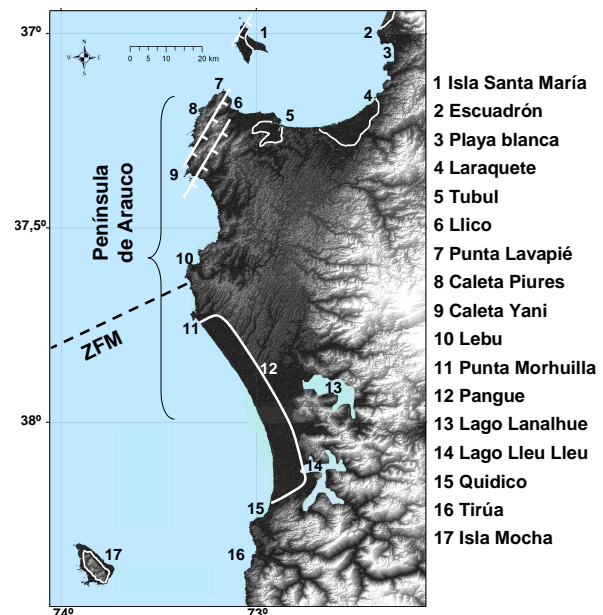


Figura 1. Península de Arauco y localidades representativas. Se indican las fallas principales. La línea blanca es el escarpe que separa la terraza pleistocena de la holocena.

2 Ruptura de 1835

El terremoto de 1835 afectó principalmente el área de Concepción con un tsunami destructor. Fitz-Roy (1839) señala un alzamiento de 2,8-3,5 m en la Isla Santa María; 2,1 m en Tubul; 0,7 m en la Isla Mocha y 1,4-1,7 m en Talcahuano (63 km al N de la Península de Arauco), mencionando además fuertes réplicas en el área de la Isla Mocha durante su viaje desde Valdivia hacia Talcahuano.

3 Ruptura de 1960

El 21 de mayo de 1960 ocurrió un terremoto Mw=8,1 a las 6:02 hrs. con epicentro a los 37,2°S/73°W y foco a 22 km de profundidad (Cifuentes, 1989). En las horas siguientes ocurrieron otros eventos importantes en la Península de Arauco siendo el mayor y último de ellos Ms=7,8 epicentro 37,79°S/72,49°S (Cifuentes, 1989), a las 14:55:57" del 22 de mayo de 1960. La ruptura principal con epicentro cercano a los 39°S, ocurrió 15 minutos más

tarde y se extendió hasta los 47°S. Se generaron alzamientos en la Península de Arauco: Caleta Yani 0,7 m; Lebu 1,2m; Punta Morhuilla 1,8m y Arauco 0,4m (Veyl, 1960). Tirúa subsidió 20 cm y la Isla Mocha se alzó 1,8m (Plafker y Savaje, 1970). Al norte de la Península de Arauco, Hualpén (36,7°S) se alzó 30 cm (Veyl, 1960), Talcahuano (36,7°S) 10 cm y Chillán (36,6°S) se hundió 6 cm (Poblete y Dobry, 1968). Consultados habitantes antiguos de Lebu, indican que el alzamiento ocurrió durante el evento del 21 de mayo y no el 22 de mayo y otros lugareños de Punta Lavapié, Llico, Tubul e Isla Santa María no notaron cambios del nivel de mar luego de los eventos sísmicos de 1960.



Figura 2. Evidencias de los movimientos cosísmicos verticales de 2010. Biota intermareal muerta y emersión de la plataforma de abrasión marina: a) Isla Santa María, b) Punta Lavapié, c) Caleta Piures, f) Quidico. d): Desecamiento del río Lebu. e) Inundación de muelle en el extremo NE del lago Lleulleu.

4 Ruptura de 2010

El 27 de febrero de 2010, ocurrió un terremoto tsunamigénico $M_w=8,8$ con epicentro a los $36.29^{\circ}S/73.24^{\circ}W$ y foco a 30 km de profundidad (Servicio Sismológico Universidad de Chile). En un trabajo de terreno en el área de la ruptura (Fig. 2), midiendo el espesor de la biota intermareal muerta, se pudo determinar que los movimientos cosísmicos verticales de mayor magnitud ocurrieron en la Isla Santa María (2m) y Península de Arauco: Tubul 1,4m; Llico 2m; Punta Lavapié 2,1 m; Caleta Piures 2,5m; Yani 2,2m; Lebu 2 m y Morhuilla 2,2m (Fig. 2). Al norte de la Península de Arauco: Talcahuano 0,5m; Hualpén 0,6 m. Al sur de la Península de Arauco: Quidico y Tirúa: 60 cm, Isla Mocha: 25 cm. Es notorio el patrón del movimiento cosísmico

vertical característico de un terremoto de subducción en la Península de Arauco con alzamiento decreciente desde la fosa al arco que produce un basculamiento hacia el E del terreno, que provocó además la traslación de las aguas de los lagos Lanalhue y Lleulleu hacia el E, bajando el nivel del agua en la ribera occidental y subiendo en la oriental cubriendo algunos muelles (Fig. 2).

5. Discusión

La Península de Arauco fue una aspereza sísmica para el terremoto del 21 de mayo de 1960 ya que constituye la zona de inicio de la ruptura que se propagó hacia el sur. El epicentro es cercano a la localidad de Laraquete según las coordenadas señaladas por Cifuentes (1989). Este epicentro debe ser desplazado 20-30 km hacia el W puesto que el National Earthquake Information Center localiza los eventos al E de su ubicación real. De esta forma, el epicentro debiera estar localizado en la Península de Arauco. Veyl (1960), indica que el epicentro se localiza en la costa de Arauco según datos del Instituto de Geofísica y Sismología de la Universidad de Chile. Entonces, se puede establecer que el epicentro del terremoto del 21 de mayo de 1960 ocurrió en algún lugar de la Península de Arauco o en sus vecindades y constituye una aspereza sísmica para este evento.

Los movimientos cosísmicos verticales son más evidentes en la parte central y sur de la Península de Arauco así como en la Isla Mocha. Madariaga et al. (1988) y Melnick et al. (2009) señalan que la ruptura de 1960 no se propagó al norte de la Península de Arauco. Sin embargo, el alzamiento en Arauco, Hualpén y Talcahuano, así como la subsidencia en Chillán, indican claramente que la ruptura se propagó al norte de la Península de Arauco aunque con menor deslizamiento en el contacto interplaca. De este modo, por el norte la Península de Arauco no sería una barrera sísmica aunque si en una aproximación general. El 6 de mayo de 1953 ocurrió un terremoto $M_s= 7,6$ y epicentro a los $36,5^{\circ}S/73^{\circ}W$, foco a 60 km de profundidad y mecanismo focal probablemente inverso (Beck et al., 1998). Este evento provocó daños significativos en las provincias de Ñuble, Concepción y Biobío (Región del Biobío). El epicentro de este evento, se localiza 90 km al norte de la Península de Arauco y muy cerca del epicentro del terremoto de 2010. Si se considera que el terremoto de 1953 es de subducción y su ruptura se propagó al sur como la de la mayoría de los terremotos de subducción chilenos, dada la magnitud $M_s=7,6$; el extremo sur de esta ruptura pudo tener 100 km de longitud y alcanzar la Península de Arauco. Si esto es así, el extremo norte de la Península de Arauco pudo ser barrera sísmica separando las rupturas de 1953 y 1960. Se requiere un estudio más profundo para demostrar esta hipótesis.

Por el sur, dada la magnitud $M_w=8,1$ del terremoto del 21 de mayo de 1960, su longitud de ruptura mínima sería de 150 km considerando las analogías de los eventos $M_w=8$ del 3-3-1985 en Chile central y $M_w=8,1$ del 30-7-1995 en Antofagasta, norte de Chile; y por otra parte, si se

considera que el borde norte de la ruptura del 21 de mayo de 1960 es el extremo norte de la Península de Arauco (37,°15'S), el límite sur de esta ruptura estaría localizada a los 38,6°S, es decir, 30 km al sur de Tirúa. De este modo por el sur, la Península de Arauco no fue barrera sísmica para el terremoto del 21 de mayo de 1960 ya que la ruptura se propagó al menos 70 km del borde sur de esta península y tampoco constituye la zona que separó las rupturas del 21 y 22 de mayo de 1960.

Con respecto a las rupturas de los terremotos de 1835 y 2010, la Península de Arauco no fue barrera sísmica ya que la ruptura de estos eventos atravesó esta península en su totalidad, incluyendo a las islas Santa María y Mocha (Fig. 2) según se evidencia por la distribución de movimientos cosísmicos verticales. Por el sur, la ruptura de 2010 se extendió hasta los 38,6°S al igual que la del 21 de mayo de 1960. Por el norte, la ruptura de 1835 llegó hasta Constitución (Fitz Roy, 1839) y la de 2010 hasta Cartagena por lo menos (33,5°S) según evidencias de subsidencia litoral en esa zona. El epicentro del terremoto de 2010 se localizó 110 km al norte de la Península de Arauco por lo tanto, no fue aspereza sísmica. Sin embargo, para el terremoto de 1835, Fitz Roy (1839) señala que las ondas sísmicas en Concepción (36,8°S, 55 km al NE de la Península de Arauco) se propagaron de SW a NE con un ruido predecesor procedente del SW. Esto puede indicar que el inicio de la ruptura de 1835 ocurrió en la Península de Arauco o en las cercanías y si esto es así, dado que el principal daño ocurrió en Concepción, la propagación de la ruptura de 1835 sería bilateral como la de 2010 y la Península de Arauco sería una aspereza sísmica para este evento.

En los años previos a la ocurrencia del terremoto de 2010, la Península de Arauco era asísmica ya que la actividad sísmica moderada, se localizaba al norte y sur de este relieve existiendo muy pocos epicentros en el área que ocupa la Península de Arauco. Ello puede evidenciar el elevado acoplamiento interplaca en la Península de Arauco, que se tradujo después en que constituyera una zona de traslape entre las rupturas de los terremotos de 1960 y 2010, hecho notable ya que constituyen el primer y sexto terremotos de mayor magnitud documentada mundialmente y separados temporalmente sólo por 50 años. Contreras-Reyes y Carrizo (2011), plantean que la subducción de altos batimétricos constituyen barreras sísmicas y de esta forma, la Zona de Fractura de Mocha sería el borde sur de la ruptura de 2010. Claramente esto no es así ya que existen evidencias concretas de movimientos cosísmicos verticales por lo menos hasta 85 km al sur (Figs 1 y 2). Las irregularidades del contacto interplaca en la subducción de la Zona de Fractura de Mocha, no constituyen una barrera sísmica en la Península de Arauco.

6 Conclusión

La Península de Arauco fue aspereza sísmica para el terremoto del 21 de mayo de 1960, posiblemente para el

terremoto de 1835 y no lo fue para el de 2010. Pudo constituir una barrera sísmica en su extremo norte para los terremotos de 1953 y 1960, y no fue barrera sísmica para los terremotos de 1835 y 2010. Lo anterior evidencia que existen irregularidades en los ciclos sísmicos de subducción donde la energía puede nuclearse en penínsulas o las rupturas de eventos mayores, atraviesan estos rasgos por completo así como zonas de subducción de fallas transformantes que pudieran generar irregularidades en el contacto interplaca. Lo anterior debe tenerse presente con la analogía de la Península de Mejillones (23°S-23,6°S) en el norte de Chile ya que fue aspereza sísmica para el terremoto de 1995 y barrera sísmica para los terremotos de 1995 y 2007 (este último sería análogo al de 1953). Los terremotos de 1995 y 2007 son relativamente pequeños. Considerando la prolongada brecha sísmica del norte de Chile y la analogía con la Península de Arauco, con megarrupturas traslapadas en poco tiempo, una ruptura grande en el norte de Chile puede atravesar la Península de Mejillones.

Referencias

- Beck S.; Barrientos S.; Kausel E.; Reyes M. 1998. Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences* 11 (2): 115-129.
- Cifuentes, I. 1989. The 1960 Chilean Earthquakes. *Journal of Geophysical Research* 94 (B1): 665-680.
- Contreras-Reyes, E; Carrizo, D. 2011. Control of high oceanic features and subduction channel on earthquake ruptures along the Chile-peru subduction zone. *Phys. Earth Planet. Int.* 186 (1-2): 49-58.
- Fitz-Roy, R., 1839, Proceedings of the second expedition, 1831–1836, under the command of Captain Robert FitzRoy, *In Narrative of the surveying voyages of His Majesty's ships Adventure and Beagle between the years 1826 and 1836, describing their examination of the southern shores of South America, and the Beagle's circumnavigation of the globe* (Colburn, H., ed. London, UK; reprint 1966, Abrahams Magazine Service, AMS Press): 695 p. New York.
- Madariaga, R. 1998. Sismicidad en Chile. *Física de la Tierra* 10: 221-258.
- Melnick, D.; Bookhagen, B.; Strecker, M. R.; Echtler, H. 2009. Segmentation of megathrust rupture zones from forearc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco Peninsula, *Journal of Geophysical Research* 114: B01407.
- Poblete, M.; Dobry, R. 1968. Modelo dinámico del subsuelo de Concepción. *Revista del IDIEM* 7 (3): 111-136.
- Plafker, G.; Savage, J. 1970. Mechanism of the Chilean Earthquakes of May 21 and 22, 1960. *Geological Society of America Bulletin* (81): 1001-1030.
- Poblete, M.; Dobry, R. 1968. Modelo dinámico del subsuelo de Concepción. *Revista del IDIEM* 7 (3): 111-136.
- Veyl, C. 1960. Los fenómenos volcánicos y sísmicos de fines de mayo de 1960 en el sur de Chile. Universidad de Concepción, Instituto Central de Química, Departamento de Geología y Mineralogía. 42 p. Concepción.