

# El terremoto del Maule, del 27 de febrero de 2010

El terremoto de la zona del Maule o de Concepción, en Chile, se ha producido en la zona de hundimiento de la placa de Nazca (del océano Pacífico) bajo la placa Sudamericana

**Andrés Folguera y Víctor A. Ramos**

Laboratorio de Tectónica Andina, Dpto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. CONICET.

**Robert Smalley**

Universidad de Memphis, Center for Earthquake Research and Information



## Primeras noticias

Al término de una campaña de un mes en la cordillera patagónica, dormíamos en Huecú, en el norte de Neuquén, cerca del límite internacional con Chile a la altura de las zonas de la Araucanía y el Maule. A las 3.30 de la mañana del sábado 27, algo me despertó. Mi cama se movía y pensé que Emilio, quien dormía en la parte inferior de la cama marinera que compartíamos, se levantaba para ir al baño. Sin embargo el movimiento no cesaba y la vieja cama oscilaba hasta el punto de parecer romperse.

Fue allí que Víctor se levantó anunciando que se trataba de un terremoto.

Mi primera reacción, impensada e inconsciente, fue desear que alguna de las fallas activas que estudiábamos en la región, se hubiese desplazado lo suficiente como para poder observar signos de su movimiento por la mañana. No se me ocurrió entonces, ciego y esquemático como puede ser quien observa sólo un aspecto del problema, las catastróficas consecuencias que podía tener el fenómeno.

Los primeros intentos por saber que había pasado del otro lado de la cordillera, nos enfrentaron con las comunicaciones suspendidas, sin conocer el paradero de amigos y conocidos. Las comunicaciones del lado Argentino dieron rápidamente cuenta de las destrucciones en las hermosas ciudades de Concepción y Constitución y de otros pueblos de pescadores e industrias junto al mar (Figura 1). Este terremoto, tal como aquel de 1960, dejará una cicatriz colectiva en nuestros hermanos trasandinos.

Página anterior. Destrozos producidos por el terremoto y tsunami que azotaron a la ciudad de Concepción desde el 27 de febrero pasados.

Figura 1. Marca de la marejada asociada al tsunami que azotó a la ciudad de Concepción luego del terremoto del 27/2/10.

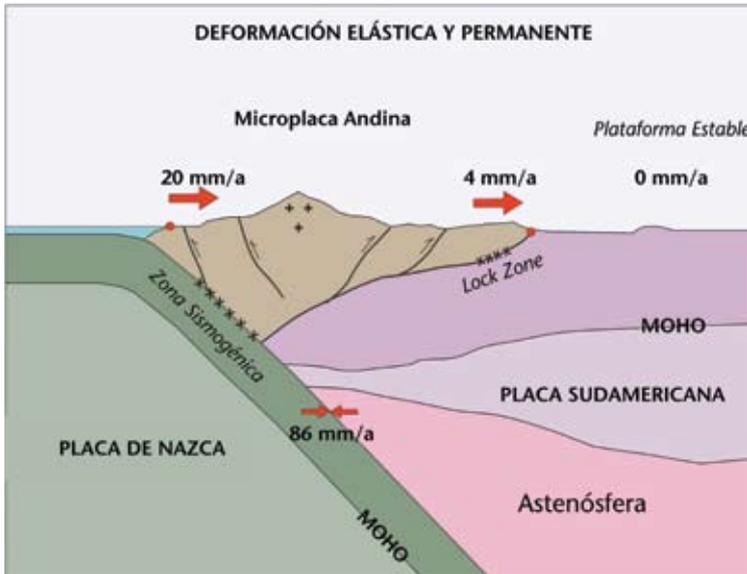


## Origen del fenómeno

El terremoto denominado de la zona del Maule o de Concepción, según apareció en los medios, ha sido un típico terremoto localizado en la zona de subducción, es decir la zona de hundimiento, de la placa de Nazca (que ocupa parte del fondo del océano Pacífico) bajo la placa Sudamericana (Figura 2). Las placas tectónicas son los fragmentos más superficiales de la Tierra, con espesores de entre 100 a 150 kilómetros y, dependiendo del caso, con cientos a miles de kilómetros de extensión. Se considera que unas 14 placas comprenden la totalidad de la superficie de la Tierra. Este esquema se torna más complejo año tras año a medida que nuevos datos son colectados, particularmente aquellos obtenidos a través de técnicas de posicionamiento satelital (GPS), que muestran la gran complejidad de desplazamientos internos que sufren las placas tectónicas que se comportan como cuerpos rígidos (Figura 2).

Las placas interactúan unas con otras a través de tres mecánicas principales:

- 1) Desplazándose de costado unas con otras y generando zonas de deformación angostas en sus límites, como la zona de falla de San Andrés en California, generada por el desplazamiento lateral de la placa Norteamericana contra la de Juan de Fuca (parte del océano Pacífico);
- 2) separándose una de otra cuyo desplazamiento determina la formación de grietas de miles de kilómetros de largo asociadas a volcanes submarinos que se emplazan sobre una zona de agrietamiento;
- 3) o chocando literalmente entre sí. Este último me-



Arriba Figura 2. La placa de Nazca se desplaza hacia el este con una velocidad de unos 6,8cm/año, mientras que la Sudamericana lo hace hacia el noroeste a una velocidad de 2cm/año. Esta convergencia produjo en el límite de placas sudamericano, el ascenso de la Cordillera de los Andes. En condiciones normales, las medidas de gps muestran que la costa chilena, se desplaza hacia el este unos 2 cm/año, mientras que la vertiente argentina de los Andes lo hace a una velocidad menor a los 4 mm/año. Esta diferencia de velocidades entre ambas vertientes de la cordillera refleja que unos 16 mm/año son absorbidos como deformación en la misma (se calcula que un 25 por ciento como deformación permanente, mientras que un 75 por ciento se recuperará elásticamente). Por otra parte el desplazamiento de la placa de Nazca bajo la Sudamericana no ocurre en forma continua: grandes segmentos de cientos de kilómetros de longitud a lo largo de la costa se mantienen trabados durante décadas a centurias. Al liberarse la tensión acumulada, gatillan los sismos más grandes en estas zonas de convergencia entre dos placas.

Abajo Figura 3. Mapa de localización de sismos bajo la superficie de la Tierra hasta el 10 de marzo de 2010, con posterioridad al terremoto del Maule de magnitud según la escala de Richter de 8.8 (fuente US Geological Survey). En negro se indica el terremoto del Maule del 27 de febrero: Nótese como a partir del mismo se han propagado sismos hacia el norte y hacia el sur a través de un plano común de ruptura.

canismo se asocia a zonas de deformación importantes de cientos de kilómetros de ancho formadoras de montañas en los límites de placas (Figura 2).

Las placas se desplazan a velocidades de centímetros por año. En el caso que nos ocupa, la de Nazca, correspondiente al suelo Pacífico lindante con la costa chilena, lo hace a unos 6,8 centímetros cada año hacia el este, mientras que la Sudamericana, aquel sector comprendido entre la costa pacífica y el centro del océano Atlántico lo hace a unos 2 centímetros por año hacia el noroeste (Figura 2).

Luego de algo más de una semana de ocurrido el trágico terremoto en cuestión, tal como suele ocurrir, multitud de sismos de magnitud menor se propagaron a través del plano de ruptura del sismo (Figura 3). La zona de hundimiento (subducción) de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana se ha desplazado, luego de encontrarse trabada por un tiempo, cientos de kilómetros desde la latitud al sur de la ciudad de Concepción hasta la de Santiago de Chile. Estos sismos se denominan réplicas, ya que indican los ajustes del plano de ruptura luego del primer gran sismo ocurrido. En la gran mayoría de los casos la magnitud del primer gran sismo no es superada por la de las réplicas subsiguientes.

En ciertos casos, algunos sismos menores anteceden al gran sismo que gatillará la superficie de ruptura. Las réplicas pueden extenderse en forma sensible meses y hasta un año o quizás más, luego del gran terremoto.

## Comparación del terremoto de Chile con el de Haití

El 12 de enero de este mismo año, ocurrió el desastroso terremoto de Haití con una magnitud en la escala de Richter de 7. Hacia el 5 de febrero se contabilizaban más de 212.000 víctimas fatales provocadas por el evento. Paradójicamente el terremoto de Chile con una magnitud de 8.8 en la escala de Richter, lo que significa al menos 500 veces más energía liberada que el de Haití, ha cobrado unas 900 víctimas fatales, con una cifra similar de desaparecidos. En Chile, más allá de ciertas aparentes demoras en el suministro de ayuda y cierta ineficacia de las fuerzas armadas en detonar el alerta de tsunamis, una mayor cultura sísmica ha permitido, hasta cierto punto, que la población se autoorganice. En Haití lo que no ha matado el sorpresivo terremoto lo han hecho las enfermedades con posterioridad al desastre y la falta de políticas de contención por parte de su Estado.

Mas aun, la observación de las respectivas zonas de ruptura de los terremotos de Haití y de Chile, visualizadas a partir del mapa de réplicas medido (Figura 4) muestra el contraste entre ambos eventos. Existe una relación directa entre la magnitud de un sismo y la su-



Figura 4. Comparación de las zonas de ruptura entre el terremoto de Haití del 12 de enero del 2010 y el del Maule el pasado 27 de febrero.

perficie del plano de ruptura asociado, iluminado por las réplicas. Esto ejemplifica la gran magnitud del terremoto del Maule en comparación con el del Haití y como la cantidad de muertes poco tienen que ver con la magnitud del sismo, sino con la pobreza, la corrupción y la negligencia.

## Científicos en acción

Un trabajo recientemente publicado por un grupo de investigadores franceses, belgas y chilenos, predecía con exactitud que la zona indicada por las réplicas era propensa a romperse, generando un sismo con una magnitud de 8 a 8.5 en la escala de Richter. Mencionaban que desde 1835, en que Charles Darwin presencié un gran terremoto en Concepción, no se habían reportado grandes sismos, en un segmento que se extiende a lo largo de las réplicas generadas en la última semana a partir del terremoto del Maule. Es decir, que en ese segmento, hacía unos 175 años que no se liberaban las tensiones acumuladas por la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana. Era una cuestión de tiempo que ese segmento se rompiera, generando un gran sismo como el ocurrido.

En febrero de este año, Bob Smalley de la Universidad de Memphis ya había comprado su billete de avión para realizar una campaña de medición en los hielos continentales a la altura de Santa Cruz, con el objeto de medir el rebote de las masas continentales a medida que se liberan del peso de los hielos. Las masas continentales flotan sobre el manto terrestre y se hunden por efecto de su peso hasta alcanzar un equilibrio. Al retirarse gran parte de la masa de hielo que cubre la cordillera Pata-

gónica luego de las últimas glaciaciones, cuyos últimos pulsos datan de unos 10.000 años atrás, los continentes rebotan a velocidades de centímetros por año y ese desplazamiento puede ser medido con GPS.

Sin embargo antes de emprender su viaje, se produjo el terremoto del Maule, uno de los cinco terremotos más grandes reportados. Smalley cambió inmediatamente sus planes, entendiendo que sería más importante en esta coyuntura utilizar su equipo para medir rápidamente los desplazamientos sufridos por el terremoto (Figura 5).

Un grupo de investigadores con equipos similares, ya se encontraban monitoreando el desplazamiento interno de las placas antes del terremoto. Estas mediciones han permitido estimar el desplazamiento instantáneo (un segundo después) al terremoto del Maule de finales de

Figura 5. Equipo de GPS instalado en el campo con el objeto de medir el desplazamiento postsísmico producido por el terremoto del 27/2/10.



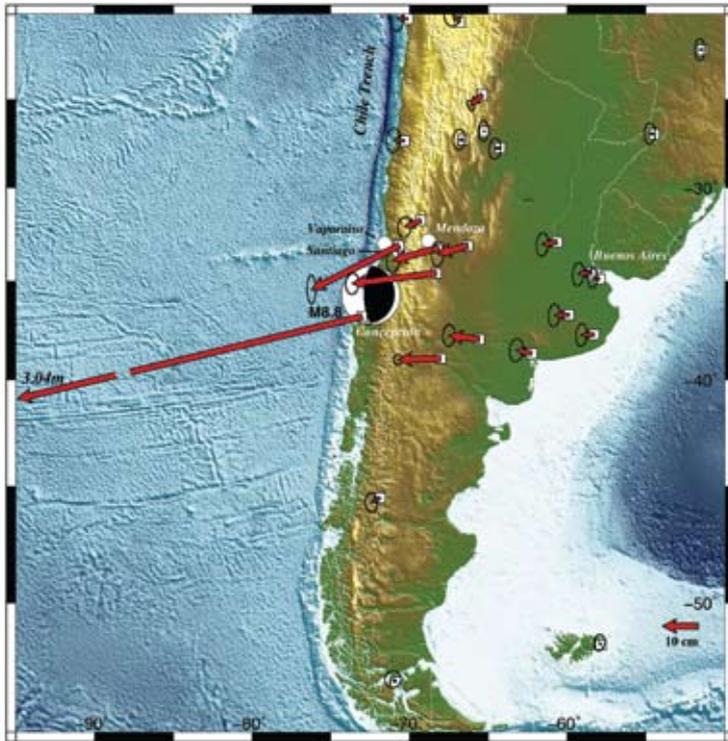


Figura 6. Desplazamientos medidos con GPS producidos al tiempo de desarrollo del sismo del Maule el pasado 27 de febrero, de acuerdo a los resultados preliminares obtenidos por Bevis, Brooks, Smalley y Foster. La localidad de Concepción sufrió un desplazamiento hacia el oeste superior a los tres metros en el segundo siguiente al comienzo del terremoto, mientras que Buenos Aires se desplazó tan sólo unos pocos centímetros.

febrero. En estas estimaciones es posible ver que la costa de Concepción se ha desplazado más de 3 metros hacia el Pacífico, al liberarse las tensiones que trababan el plano de ruptura (Figura 6). Estos desplazamientos han llegado a la costa Atlántica siendo allí de unos pocos centímetros por año (Figura 7).

## Futuro

¿Qué se puede esperar del desplazamiento de terreno del área lindante con el plano de ruptura desarrollado, en el futuro inmediato? Las mediciones de GPS muestran que la parte del territorio que latitudinalmente coincide con el plano de ruptura del terremoto de Valdivia de 1960 aun se sigue desplazando hacia el Pacífico (Figura 8) a una tasa muy inferior a los desplazamientos registrados al instante de ocurridos estos fenómenos. Cincuenta años después a aquel terremoto de Valdivia (el terremoto más grande de la Tierra registrado instrumentalmente) el terreno aun se sigue desplazando, acomodándose la deformación sufrida a través de una historia de acumulación de tensiones en el límite de placa previamente a los '60.

Como consecuencia del terremoto del Maule, se generará un ciclo de réplicas como el que actualmente se registra, el que se prolongará por meses, un año, o un poco más, a medida que el plano de ruptura se acomode. Luego el terreno al oeste de los Andes seguirá aproximándose al Pacífico por décadas, pero ya en forma silenciosa y lentamente, al tiempo que un nuevo período de acumulación de tensiones se desarrollara en la zona de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana.

Aventando fantasías, prejuicios y falsas informaciones conviene aclarar ciertas premisas, aunque para muchos quizás resulten redundantes: 1) Este terremoto, como todos los demás, nada tienen que ver con el cambio climático; 2) no hay motivos para pensar que la periodicidad con la cual se generan los sismos sea mayor en el presente que en cualquier otro período previo; 3) nada se puede hacer para evitar que la tierra vibre, sino construir viviendas antisísmicas, disminuir la pobreza (está comprobado que básicamente son los pobres quienes mueren por estos fenómenos) e instrumentar planes de emergencia efectivos. **CH**

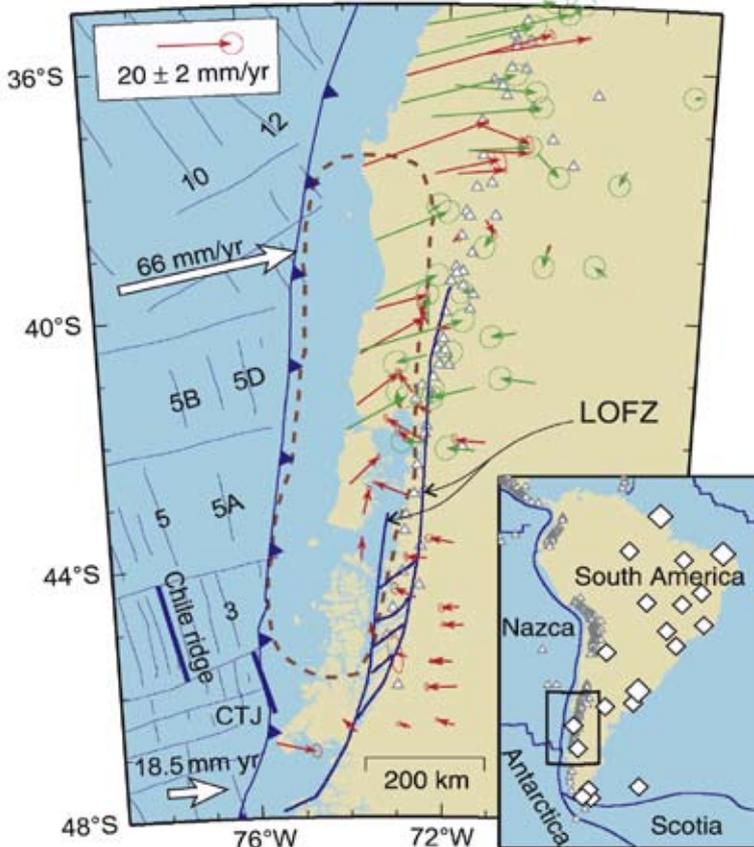


Figura 8. Desplazamientos percibidos 50 años después en adyacencias a la zona de ruptura correspondiente al terremoto de Chile de 1960 (tomado del trabajo de Wang y otros, 2007). Nótese el desplazamiento del terreno sobre territorio argentino hacia el oeste en coincidencia con el área de ruptura del terremoto del '60 (línea punteada), lo cual demuestra que aun éste se encuentra en fase de recuperación elástica.

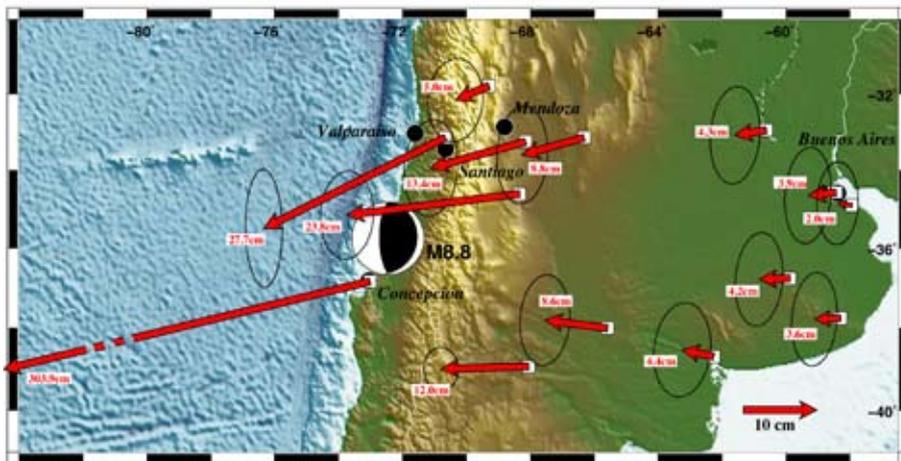


Figura 7. Detalle de la zona continental adyacente a la zona de ruptura del terremoto de Maule, con indicación de los desplazamientos medidos en el segundo siguiente al desarrollo del sismo del Maule a través de gps que estaban instalados en la región.

## GLOSARIO

**Moho:** Límite inferior de la corteza terrestre que en las zonas continentales se ubica entre 30 y 70 km de profundidad, mientras que bajo suelo oceánico se encuentra a unos 10 kilómetros. La corteza difiere en composición del manto infrayacente, por lo que el Moho es un límite composicional. Mientras que en la primera predominan silicatos de aluminio, sodio y potasio, en el manto predominan silicatos de magnesio y calcio.

**Lock zone:** Textualmente significa "zona trabada". Es la parte de la zona de subducción que se encuentra trabada durante un ciclo de acumulación de tensiones derivado de la aproximación entre dos placas. Al liberarse se generará un sismo inicial y principal sobre el mismo seguido de réplicas, sismos menores, que permitirá su visualización.

**Astenósfera:** Es la parte del manto terrestre ubicada por debajo de las placas que se desplazan en la superficie terrestre. Las placas tectónicas están compuestas por corteza en su sección más superficial

y manto en su sección basal. Por debajo de las mismas continúa el manto terrestre. La diferencia entre el manto que forma parte de las placas y el infrayacente es su comportamiento mecánico. Mientras que el primero es relativamente rígido, el segundo tiene la capacidad de fluir como un líquido, aun siendo sólido, en tiempos prolongados (millones de años).

**Placa:** Sector de la superficie terrestre con una profundidad variable de hasta 150 kilómetros y dimensiones superficiales de cientos a miles de kilómetros, que posee movimiento independiente respecto de otros sectores. La interacción entre diferentes placas explica la formación de montañas localizadas en ciertos sectores de la Tierra.

**Microplaca:** Placa de dimensiones relativamente menores a las 14 placas terrestres. En los últimos años se ha considerado a los Andes como una microplaca respecto de la placa Sudamericana debido a su comportamiento independiente revelado a través de los estudios de GPS.

## LECTURAS SUGERIDAS

**BROOKS BM, BEVIS JR, SMALLEY E, KENDRICK R, MANCEDA E, LAURIA R, MATORANA, ARAUJO M, 2003,** 'Crustal motion in the Andes (26°-36°S): Do the Andes behave like a microplate?' *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 4, doi:10.1029/2003GC000505.

**RUEGG J, RUDLOFF A, VIGNY C, MADARIAGA R, CHABALIER J, CAMPOS J, KAUSEL E, BARRIENTOS S, DIMITROV D, 2009,** "Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile". *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 175: 78–85.

**WANG K, HU Y, BEVIS M, KENDRICK E, SMALLEY R, BARRIGA VARGAS R, LAURÍA E, 2007,** "Crustal motion in the zone of the 1960 Chile earthquake: Detangling earthquake cycle deformation and forearc-sliver translation". *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8 (10), Q10010, doi:10.1029/2007GC001721.  
<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2010tfan.php>



### Bob Smalley

PhD en Geofísica y sismología, Cornell University  
Profesor e investigador, Universidad de Memphis,  
Center for Earthquake Research and Information



### Andrés Folguera

Doctor en Ciencias Geológicas, UBA  
Profesor UBA. Investigador del Conicet.  
andresfolguera@yahoo.com.ar



### Víctor A Ramos

Doctor en Ciencias Geológicas, UBA  
Profesor UBA. Investigador del Conicet.