

Folguera, Andrés; Triep, Enrique; González Díaz, Emilio M.; Ramos, Víctor A. (diciembre 2004). *El terremoto del último 7 de septiembre : Tiembla, todo tiembla*. En: Encrucijadas, no. 29. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires: <<http://repositorioubu.sisbi.uba.ar>>

## EL TERREMOTO DEL ULTIMO 7 DE SEPTIEMBRE

### Tiembla, todo tiembla

*Los terremotos no son un fenómeno del pasado y las placas que conforman los niveles móviles más superficiales de la Tierra están aún en pleno movimiento. Con respecto a la intensidad de los mismos y sus desplazamientos asociados, la actividad actual, en especial la deformación permanente asociada a estos terremotos, se ha mantenido en el mismo orden de magnitud que en los últimos 10 millones de años. La frecuencia con la que ocurren estos movimientos está también dentro del mismo orden, siendo quizás la diferencia más significativa el avance de la tecnología y las comunicaciones de este mundo global que nos permiten conocer al instante este tipo de eventos en cualquier parte del planeta, pareciendo de esta forma un fenómeno más periódico en la actualidad.*

---

**Andrés Folguera** / Laboratorio de Tectónica Andina, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

**Enrique Triep** / Instituto de Sismología Volponi, San Juan.

**Emilio M. González Díaz** / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

**Víctor A. Ramos** / Laboratorio de Tectónica Andina, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

El sector preandino de la región central del país ha estado históricamente afectado por importantes sismos entre los que se destacan el de Mendoza en 1861, el de La Rioja en 1893 y el de San Juan en 1944, que llevaron a la destrucción total de estas ciudades y produjeron miles de víctimas fatales. A éstos se suman numerosos sismos que han sido registrados desde la época de la colonia hasta nuestros tiempos, como el que condujo a la destrucción de la vieja ciudad de Esteco y su relocalización en la nueva ciudad de Salta. Las primeras preguntas que despiertan estos antecedentes son: ¿fueron estos fenómenos privativos del pasado? ¿Qué probabilidades hay de que este tipo de terremotos destructivos vuelvan a ocurrir? La contestación no es sencilla. Basta analizar algunos casos recientes.

El 7 de septiembre de 2004 se produjo un terremoto en la provincia de Catamarca de relativa alta intensidad ( $M_w=6,3$ ) (epicentro en  $28.94^\circ\text{S}$  y  $66.08^\circ\text{O}$  y profundidad de unos 22 kilómetros). Se produjeron severos daños en ciertas poblaciones ubicadas en la Sierra de Ambato y alrededores (particularmente en el Departamento de Capayán, en el sur de la provincia), tan lejos como 30 km hacia el este del epicentro (proyección de los mismos en la superficie) en el pueblo de Los Ángeles y 50 km hacia el suroeste, en el pueblo de Sébila. Tres semanas después se sintieron réplicas del mismo, tal como es usual, de intensidades levemente menores ( $M_w=4.5$ ). ¿Sin embargo es éste un fenómeno aislado y aleatorio? La respuesta es no, estos terremotos se asocian al levantamiento de las Sierras de Ambato, Velasco y Ancasti, los cuales se suceden en forma recurrente. Sin ir más lejos, apenas dos años atrás otro terremoto de intensidad ( $M_w=6$ ) y similar profundidad se sintió al norte de la ciudad de La Rioja bajo la Sierra de Velasco (20/5/2002) (epicentro en

28.58°S y 65.83°O y profundidad de unos 16 kilómetros).

Los epicentros de estos terremotos se asocian espacialmente a las Sierras de Ambato, Velasco y Ancasti. Estas sierras constituyen los levantamientos más orientales de los Andes a estas latitudes (Figura 1). Si bien desde un punto de vista fisiográfico están desconectadas del resto de la cadena andina, se encuentran íntimamente ligadas desde un punto de vista genético. Estas sierras pertenecen a un conjunto de serranías ubicadas al este de las máximas alturas andinas, denominadas “Sierras Pampeanas” y que ocupan los sectores orientales de las provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan, el sector occidental de Santiago del Estero y Tucumán y casi la totalidad de Córdoba y San Luis (Figura 1) comprendidas entre los 27° y los 33°S.

Los Andes se forman en respuesta a la “colisión” entre el fondo oceánico Pacífico y el continente Sudamericano (Figura 1). El primero integra a estas latitudes la placa de Nazca, que se desplaza prácticamente de oeste a este, a una velocidad de unos 6,8 centímetros por año, mientras que el continente lo hace en sentido contrario a unos 2 centímetros por año. La “arruga” que se genera en el límite entre las dos placas, producto de los problemas de espacio generados por esta colisión, son los Andes. En el nivel profundo el solapamiento entre el fondo oceánico Pacífico y el continente Sudamericano se resuelve a través de la penetración del primero (subducción) por debajo del segundo (Figura 1). En general la placa de Nazca se “subduce” con un ángulo de 30° medido desde la horizontal hacia el este. Sin embargo una anomalía a esta situación es la penetración de la misma en forma subhorizontal bajo la faja latitudinal coincidente con las Sierras Pampeanas (27°-33°S) (Figura 1). En la actualidad se considera que las Sierras Pampeanas son los levantamientos más orientales y póstumos de los Andes a estas latitudes, luego de haberse generado la zona de subducción subhorizontal desde hace unos diez millones de años (Ramos et al., 2002). Las mismas pueden ser consideradas como un caso de extremo desarrollo longitudinal de los Andes el cual solo ha sido factible debido a la enorme superficie de interacción entre la placa de Nazca y el continente Sudamericano, hecho controlado por la subducción subhorizontal (Figura 1).

Los terremotos mencionados de Catamarca y La Rioja muestran mecanismos focales que indudablemente se relacionan al levantamiento de las sierras de Ambato y Velasco, respectivamente. A través de los mecanismos focales se tiene una idea de la forma en la cual se desplazó el material que rodeaba el punto del terremoto al liberarse las tensiones que le dieron origen. Si bien las profundidades de estos movimientos muestran que muy probablemente los mismos se relacionen al levantamiento de montañas y no a la interacción entre las placas de Nazca y Sudamérica (profundidad inferior a los 25 km) (Figura 2), los mecanismos focales dan información adicional acerca de la mecánica de movimiento de las fracturas que marginan las montañas (Figuras 3, 4 y 5). Los círculos ploteados en la Figura 4 corresponden a la proyección en el plano horizontal de la intersección de una semiesfera imaginaria, ubicada en torno al terremoto, con el plano de falla y su plano perpendicular (planos nodales) (Figura 3). En esta proyección se pintan de un color oscuro las áreas en las cuales el material se aleja de la fuente del terremoto y de blanco las áreas que son atraídas por el mismo, lo cual muestra que el volumen superior de los cuatro volúmenes determinados entre el plano de falla y su plano perpendicular (Figura 3) es expelido hacia arriba con respecto a la fuente del terremoto, lo cual se traduce en el levantamiento de las sierras. Adicionalmente quedan determinados dos arcos en el mecanismo focal, cada uno de ellos correspondiente al plano de fractura y su plano perpendicular respectivamente (Figura 3). El plano sobre el cual existió desplazamiento de material es directamente identificable al considerar la Figura 5, ya que las fracturas que marginan las sierras inclinan hacia la zona de máxima topografía. De

esta manera se determina que un arco en cada mecanismo focal indica una fractura determinada, la cual es responsable del alzamiento paulatino de la sierra a la cual se asocia.

Una mirada más cuidadosa a los frentes de estas sierras, en las cuales se han producido los terremotos mencionados, muestra rasgos de ruptura "recientes": en cercanías de la localidad de Chumbicha, en el sur de la provincia de Catamarca, las acumulaciones de gravas y arenas depositadas por los ríos que descienden de la Sierra de Ambato han sido fracturadas por la falla que margina a la sierra por su cara oriental, con orientaciones similares a las que aparecen en el mecanismo focal del terremoto del 7/09/04 (Figura 6). Una relación teórica (Aki y Richards, 1988) muestra que existe una proporcionalidad inversa, entre el desplazamiento efectuado a través de una falla con posterioridad a un terremoto y la longitud y ancho de la sección activada en el plano de falla ( $\text{Desplazamiento} = \text{constante} \times 1/\text{longitud} \times \text{ancho}$ ). La constante de proporcionalidad depende entre otros factores del tipo de material que se encuentra en proceso de fracturamiento. El ancho y largo de la superficie activada en un terremoto pueden ser determinadas en forma empírica a partir de la magnitud del sismo ( $M_w$ ) (Triep y Sykes, 1996), mediante una base de datos de terremotos relacionados con formación de montañas. De esta manera un terremoto con  $M_w=6$  está relacionado con un desplazamiento a través de una superficie de 10 x 7 km y para uno de  $M_w=6,3$  la superficie es de 16 x 9 km. A partir de los mecanismos focales asociados a la Sierra de Velasco se determina una falla principal que inclina hacia el noroeste unos  $26^\circ$ , lo cual implica a partir del cálculo del área activada en función de la magnitud del terremoto del 20/5/2002 un desplazamiento vertical de 0,19 metros y desplazamiento horizontal de 0,39 metros. Para la Sierra de Ambato se obtiene a partir del mecanismo focal un plano de falla de unos  $55^\circ$  hacia el noroeste, lo cual determina un desplazamiento horizontal de 0,52 metros y uno vertical de 0,36 metros. Una estimación grosera del número de sismos necesarios para producir el levantamiento de las sierras de Velasco y Ambato, tales como los de 7/09/04 y 20/5/2002, es  $N$  (número de sismos) =  $(\text{Máxima altura de la sierra})/D$  (Desplazamiento calculado).

Cuando se analiza el frente cordillerano de la región central de Argentina se puede observar que la frecuencia de este tipo de fracturación en los sectores adyacentes a los frentes de las sierras, como las ilustradas en La Rioja y Catamarca, no es una excepción, y que hay frecuentes evidencias de la presencia fallas en las regiones preandinas. Si a esto le sumamos las continuas comunicaciones sobre terremotos que casi semanalmente registra la prensa en diversos sectores de nuestro país y en regiones vecinas, se hace crucial contestar las preguntas que hacíamos al inicio.

Es evidente que los terremotos no son un fenómeno del pasado y que las placas que conforman los niveles móviles más superficiales de la Tierra están aún en pleno movimiento. Con respecto a la intensidad de los mismos y sus desplazamientos asociados, los geólogos estamos en condiciones de afirmar que la actividad actual, en especial la deformación permanente asociada a estos terremotos, se ha mantenido en el mismo orden de magnitud que en los últimos 10 millones de años. La frecuencia con la que ocurren estos movimientos está también dentro del mismo orden, siendo quizás la diferencia más significativa el avance de la tecnología y las comunicaciones de este mundo global que nos permiten conocer al instante este tipo de eventos en cualquier parte del planeta, pareciendo de esta forma un fenómeno más periódico en la actualidad. Sin embargo, la probabilidad de que terremotos de magnitud considerable se vuelvan a producir es alta y dado que hasta el momento no se cuenta con tecnologías que puedan

predecirlos, sólo quedan una serie de cosas importantes para hacer: determinar en forma cualitativa y cuantitativa la magnitud de los terremotos pasados a través de la paleosismología, monitorear en forma precisa los actuales y evaluar el riesgo sismotectónico de las regiones más afectadas. Una correcta construcción antisísmica puede permitir el desarrollo de la vida sin riesgos mayores en áreas con alto potencial sísmico, a pesar de que no estemos exentos de sobresaltos, que desde tiempo inmemorial, producen los terremotos en nuestras sociedades, dado su origen profundo e impredecible.

## Referencias

- <http://neic.usgs.gov/neis/qed/>
- Aki, K. y Richards, P. (1980), *Quantitative Seismology*. Freeman Ed.
- Eremchuk, J. (1984), Fracturas del borde occidental de las sierras de Ambato-Manchao, Provincia de Catamarca, *Actas 2*: 362-367. Bariloche.
- González Bonorino, F. (1950), Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Asociación Geológica Argentina. Revista 5(3)*: 81-110.
- González Díaz, E.M. y Ellisondo, M. (2004), Carta Geomorfológica de un sector de las Sierras de Velasco y Ambato (entre los paralelos 28°30' y 29°30'S y los meridianos 66°20' y 67°06'O). Provincia de la Rioja. Escala 1:200.000. Servicio Geológico Minero Argentino.
- HRV-CMT, Harvard University, Centroid Moment Tensor Solutions, <http://www.seismology.harvard.edu>
- Lay, T. y Wallace, T. (1995), *Modern Global Seismology*. Academic Press. 515 pp.
- Nullo, F. (1981), Descripción Geológica de la Hoja 15f, Huillapina. Escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional. 65 pp. Buenos Aires.
- Nullo, F. (1984), Estructura del extremo austral de la sierra de Ancasti, Catamarca. 9 Congreso Geológico Argentino, *Actas 2*: 414-426. Bariloche.
- Ramos, V. A.; Cristallini, E.; Pérez, D. (2002), "The Pampean flat-slab of the Central Andes". *Journal of South American Earth Sciences 15* (2002): 59-78.
- Triep, E. G. y L. R. (1996), *Sykes, Catalog of Shallow Intracontinental Earthquakes*, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York, United States of America, Internet Web Page:  
URL: <http://www.ldeo.columbia.edu/seismology/intra.expl.html>