¿Se puede predecir un terremoto?: ejemplo de los sismos ocurridos el 24 de junio de 2026 en Venezuela

Carolina Montero-López[1]
[1] Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa-CONICET); e-mail: cmontero@conicet.gov.ar

Una pregunta recurrente cada vez que ocurre un sismo de magnitud considerable con efectos devastadores en la sociedad es si se hubiera podido predecir cuándo y dónde iba a ocurrir. La respuesta es ***No****. Sin embargo, a través de la investigación desarrollada en "Ciencia básica" se puede estimar la recurrencia de una falla sísmica, para tomar medidas de prevención.*

Primero hay que definir qué es "falla", "sismo", y "recurrencia" para poder entender de qué se habla. La corteza de la Tierra está dividida en placas tectónicas que se mueven unas respecto a otras. Las rocas que forman la corteza de estas placas tectónicas están sometidas a esfuerzos (los cuales son mayores en las zonas de límite entre dos placas) y van acumulando energía hasta llegar a un punto donde se supera el límite de resistencia de la roca (punto de ruptura o fractura), y ésta se rompe liberando esa energía: esa fractura en la roca se denomina falla geológica y el movimiento que se produce con la consecuente liberación de energía es el sismo (Figura 1). Los bloques de roca a cada lado de la falla se mueven uno respecto a otro, ya sea en dirección vertical u horizontal. Durante el sismo (cotidianamente referido como temblor o terremoto, de acuerdo con el grado de magnitud), la energía acumulada se libera en forma de ondas que se dispersan desde el hipocentro hasta la superficie de la tierra. La magnitud (M) de un sismo indica cuánta energía es liberada y se mide en una escala logarítmica donde cada valor entero de la escala libera 32 veces más energía que uno de magnitud menor (USGS); mientras que, la intensidad, refiere a cómo es sentido el temblor o terremoto por las personas y el daño que ocasiona a la infraestructura. Para un mayor entendimiento de este proceso se recomienda la lectura de los artículos publicados en esta revista por Hongn y García (2011, Temas B&GNOA, vol. 1, nº1), Montero et al. (2012, Temas B&GNOA, vol. 2, nº3) y Montero (2017, Temas B&GNOA, vol. 7, nº1).

Por último, la recurrencia se refiere al tiempo que transcurre entre un evento sísmico y el siguiente. Este tiempo puede variar entre cientos, miles o más años, y por lo tanto el estudio de las estructuras

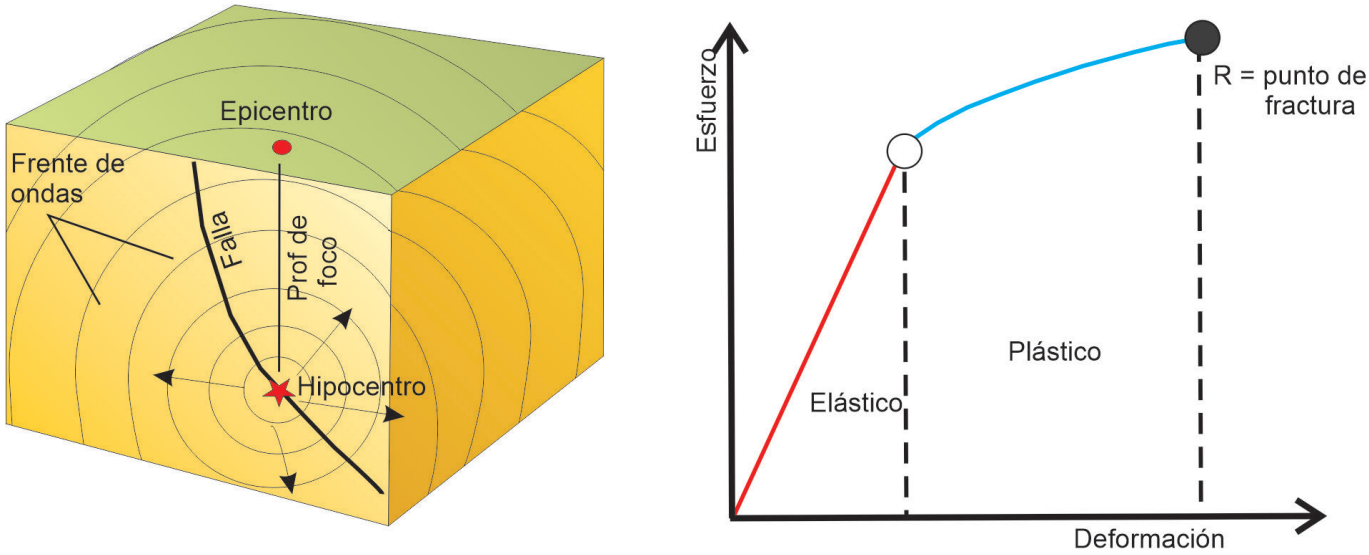


Figura 1. Izquierda, gráfico en 3 dimensiones que esquematiza la ocurrencia de un sismo y los componentes asociados (tomado de Montero et al. 2012, Temas B&GNOA, vol. 2, nº3). Derecha, se observa los diferentes estados de deformación por los que atraviesa un material al ser sometido a esfuerzo. Como ejemplo podemos tomar una pelota de goma: si se aplica poca presión sobre la pelota, al dejar de ejercer el esfuerzo, ésta retomará su forma original (comportamiento elástico). Si la sometemos a un esfuerzo mayor, al soltar, ésta ya no volverá a su forma esférica, sino que la deformación será permanente y quedará de forma ovalada como una pelota de rugby (comportamiento plástico). Por último, si el esfuerzo es aún mayor, se superará el límite de resistencia máximo del material alcanzando el punto de fractura, y la pelota se romperá (comportamiento frágil). Este ejemplo es para que se entienda fácilmente, sin embargo, la deformación que ocurra dependerá del tipo de material que se someta a esfuerzo, ya que no todos los materiales tienen un comportamiento elástico o plástico, o bien, el punto de fractura es superado a valores diferentes de resistencia por cada material.

sismogénicas o fallas "activas" (en términos geológicos quiere decir que generaron un sismo en tiempos históricos) nos puede ayudar a establecer un tiempo estimado de recurrencia. Y se preguntarán ¿cómo se determina ese tiempo de ocurrencia entre dos sismos? En la geología existen dos ramas denominadas Neotectónica y Paleosismología, mediante las cuales se estudian las deformaciones en las rocas y la superficie de la tierra para determinar la presencia de fallas y/o pliegues formados en tiempos recientes. Una vez determinada la estructura sismogénica, se busca un sector de exposición natural de la falla o si no, se realiza un corte vertical del terreno (lo que en paleosismología se denomina trinchera), para la investigación de uno o más eventos sísmicos: se identifica el plano de la falla y los niveles del terreno que son afectados por ésta; se pueden tomar muestras de sedimentos para determinar la edad mediante análisis específicos. Si se logra determinar la fecha de varios eventos asociados a una misma falla, y se puede medir el desplazamiento asociado (cuánto se movió un bloque de roca respecto a otro), entonces es posible hacer una estimación de un intervalo de tiempo de la recurrencia de esa falla y su comportamiento.

Veamos los ejemplos recientes y tan devastadores de los sismos en Venezuela. El 24 de junio de 2026 a las 18:04 hs (local) se produjeron dos sismos de magnitud 7,2 y 7,5, separados solo por 39 segundos uno del otro. Se habla de "doblete sísmico" cuando dos terremotos de magnitud similar

Sismo de Colombia, ¿tiene relación con los sismos de Venezuela?

El pasado 10 de agosto a las 7: 34 hs (local) ocurrió un sismo de magnitud 7,4 con un hipocentro a una profundidad entre 104 y 110 km (GEOFON, USGS), en la zona del borde occidental de Colombia debido a la subducción (“hundimiento”) de la placa de Nazca (situada en el océano Pacífico) por debajo de la de Sudamérica. Este proceso de subducción afecta a todo el borde occidental del continente Sudamericano. Si bien no fue un terremoto superficial, la energía liberada fue tan grande que llegó con gran fuerza a la superficie afectando una región extensa.

En cambio, los sismos de Venezuela fueron superficiales e involucran otro tipo de movimiento de las placas tectónicas. Si bien los terremotos ocurrieron cercanos en tiempo y en países vecinos, no están relacionados, ya que implican placas tectónicas y estructuras diferentes.

ocurren cercanos tanto en tiempo como en distancia epicentral (fuente USGS). Fueron sismos superficiales, esto quiere decir que el foco o hipocentro estaba ubicado muy cercano a la superficie de la tierra, entre 10 y 13 km (fuentes USGS, GEOFON). Para entender y dimensionar los sismos (Figura 2), es importante tener presente que la magnitud se expresa en escala logarítmica. Esto significa que, aunque la diferencia entre 7,2 y 7,5 parezca pequeña, la energía liberada difiere mucho: el primer sismo de M7,2 liberó una energía equivalente a 63 veces la bomba atómica de Hiroshima, mientras que el de M7,5 equivale a unas 179 veces.



Figura 2. Izquierda, gráfico donde se compara la energía que se libera de acuerdo con la magnitud en terremotos históricos (tomado de Centro de Tsunamis del Pacífico, Pacific TWC). Derecha, escala comparativa de cuánta energía equivalente en kg de dinamita (TNT) es liberada de acuerdo con la magnitud del terremoto.

El sector norte de Venezuela se encuentra en el límite entre dos placas tectónicas, la del Caribe al norte que se mueve hacia el este, y la de Sudamérica al sur, con movimiento hacia el oeste. El límite entre ambas placas está definido por un sistema de fallas que se denomina de Boconó-San Sebastián-El Pilar, en dirección E-O que después se curva en dirección NE-SO introduciéndose en el interior del continente (ver Audemard et al. 2006 y citas allí); el movimiento entre estas placas es horizontal (es decir que no hay subducción como en el caso del borde occidental de Sudamérica). Numerosos investigadores estudiaron este sistema de fallas durante al menos cuatro décadas; en esta Nota Breve se toma como referencia los trabajos del Dr. Franck A. Audemard, Ingeniero Geólogo venezolano, que contribuyó enormemente al conocimiento tectónico de Venezuela. En sus trabajos publicados en 2006 y 2014 en la Revista de la Asociación Geológica Argentina presenta una minuciosa descripción de las fallas que componen este sistema que abarca desde la frontera con Colombia al oeste, hasta la isla de Trinidad al este. En su trabajo de 2014, el Dr. Audemard presenta una segmentación de este sistema de fallas (Figura 3), donde expone que los sismos históricos de magnitud mayor a 7 ocurridos entre los años 1610 y 1812, comenzaron en el sector suroeste (1610, segmento Boc-a) con una migración hacia el noreste (1812, segmento Boc-e). Es decir, que estos grandes terremotos ocurrieron de una manera sucesiva en tiempo de SO a NE. Teniendo en cuenta que en 1894 se produjo un terremoto en el segmento suroeste de la falla Boconó, el autor concluye que el próximo gran terremoto (M7 o mayor) sería de esperarse a fines del siglo XXI en los segmentos centrales (Boc-b y Boc-c), siendo allí donde el sistema de fallas se encuentra bloqueado. Esto significa que los bloques de roca separados por la



Figura 3. Izquierda, Mapa de Venezuela ilustrado por Audemard (2014) donde en línea negra gruesa destaca el sistema de fallas Boconó-San Sebastián, y sus segmentos. Las estrellas de color indican el epicentro de los sismos del 24 de junio de 2026, la roja de acuerdo con las mediciones del USGS para los dos eventos, mientras que las mediciones de GEOFON sitúan el primer evento en la estrella roja y el segundo evento en la naranja. Además, en flechas negras se indica el movimiento relativo E-O de las placas tectónicas del Caribe (al norte) y Sudamericana (al sur). Derecha, mapa de intensidades en la Escala Modificada de Mercalli generado por el USGS, después de los dos sismos de junio de 2026.

falla no están en movimiento y, por lo tanto, debido a que están sometidos a esfuerzos continuos, van acumulando energía, la cual es liberada súbitamente cuando se alcanza el límite de ruptura (ver Figura 1). En un estudio posterior en coautoría publicado en 2017 en la revista Tectonics (Pousse-Beltrán et al. 2017), los autores concluyen que el sector norte Boc-e desde el sismo de 1812 acumuló energía que se traduce en un desplazamiento de los bloques involucrados entre 1 a 4 m y por lo tanto es muy susceptible de desencadenar un terremoto de magnitud 7 a 7,6, lo cual lamentablemente ocurrió el 24 de junio de 2026. Si bien estos estudios **No predicen** el momento exacto ni el lugar donde se producirá el próximo sismo, dan cuenta de zonas sísmicamente activas propensas a sufrir un gran terremoto en este siglo.

Es importante destacar que, después de lo ocurrido en junio de 2026 en Venezuela, el estudio sistemático de fallas con potencial sismogénico es valioso e importante a la hora de la planificación territorial y estimación del riesgo sísmico asociado. Mediante el estudio a largo plazo de estructuras con actividad neotectónica es posible realizar mapas de peligrosidad sísmica de una región (en Argentina se puede acceder al mapa de zonificación sísmica realizado por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica -INPRES-), los cuales sirven de base a los ingenieros para la estimación del riesgo sísmico asociado, y a las autoridades gubernamentales, para una buena planificación territorial. Esto último es un factor determinante cuando se producen los terremotos, ya que la pérdida de vidas humanas está relacionada principalmente al colapso de edificaciones.

LITERATURA RECOMENDADA

AUDEMARD, FA, A SINGER, JP SOULAS. 2006. Quaternary faults and stress regime of Venezuela. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61 (4): 480-491.

AUDEMARD FA. 2014. Segmentación sismogénica de la falla de Boconó a partir de investigaciones paleosísmicas por trincheras, Venezuela Occidental: ¿Migración de la ruptura hacia el Noreste en tiempos históricos? Revista de la Asociación Geológica Argentina, 71 (2): 247-259.

HONGN F, V GARCÍA. 2011. Tectónica de placas. Temas de Biología y Geología del NOA, 1 (1): 21-31.

INPRES. http://contenidos.inpres.gob.ar/actualizacion_mapa

GEOFON. https://geofon.gfz.de/eqexplorer/

MONTERO C, V GARCÍA, S GUZMÁN. 2012. Desastres naturales ¿Se pueden predecir y prevenir los eventos geológicos destructivos? Temas de Biología y Geología del NOA, 2 (3): 84-100.

MONTERO LÓPEZ C. 2017. Falla geológica ¿qué es y qué nos dice? Temas de Biología y Geología del NOA, 7 (1): 4-5.

PACIFIC TWC. https://www.tsunami.gov/

POUSSE-BELTRAN L, R VASSALLO, F AUDEMARD, F JOUANNE, J CARCAILLET, E PATHIER, M VOLAT. 2017. Pleistocene slip rates on the Boconó fault along the North Andean Block plate boundary, Venezuela, Tectonics, 36: 1207–1231, doi.org/10.1002/2016TC004305

USGS. https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards