

¿Por qué es tan difícil predecir un terremoto?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 018 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Podemos identificar fallas activas, medir deformaciones y estimar probabilidades de terremotos sin poder anunciar la fecha, el lugar y la magnitud de la próxima gran ruptura. Son logros distintos. La dificultad no es simplemente que un terremoto ocurra bajo tierra. Es que las condiciones cambiantes que gobiernan la ruptura solo se observan parcialmente, y una aparente señal de aviso no identifica necesariamente qué perturbación se convertirá en un gran terremoto.

Una respuesta útil empieza por separar la predicción anterior a la ruptura, la probabilidad a lo largo de un intervalo y el aviso una vez que la ruptura ya ha comenzado. De otro modo, una alerta satisfactoria puede confundirse con una predicción acertada, y la ausencia de predicciones exactas puede confundirse con una ausencia de conocimiento útil.

1. ¿Qué contaría como predecirlo?

El Servicio Geológico de Estados Unidos especifica tres elementos de una predicción de terremotos: cuándo, dónde y de qué magnitud. Su evaluación pública no reconoce un método fiable para realizar predicciones específicas a corto plazo de grandes terremotos. [1] «Algún día habrá un terremoto en algún lugar cerca de una falla» es demasiado permisivo para cumplir ese criterio.

Las tolerancias importan tanto como las palabras. Una afirmación contrastable debe definir su área geográfica, ventana temporal e intervalo de magnitudes antes de conocer el resultado. Ampliar cualquiera de ellos después de un acontecimiento facilita los aciertos aparentes sin mejorar la capacidad predictiva.

Esto no exige que un pronóstico científicamente serio prometa certeza. Exige claridad sobre el objetivo. Una probabilidad asignada a un intervalo especificado es un pronóstico probabilístico. Afirmar que ocurrirá un terremoto concreto es una afirmación más fuerte. Ninguna debería evaluarse como si fuera la otra.

2. La historia de una falla no es una cuenta atrás

Los geólogos pueden recuperar pruebas de rupturas anteriores. Por ejemplo, en la falla de la cordillera Teton, el Servicio de Parques Nacionales describe zanjas que atraviesan escarpes de falla, capas de sedimentos desplazadas y estimaciones de edad basadas en material orgánico. [2] Estas observaciones restringen acontecimientos anteriores y establecen que un paisaje se ha movido repetidamente.

Pero un intervalo entre dos terremotos pasados no se convierte en un reloj cuya aguja se acerca a medianoche. Consideremos un registro hipotético con intervalos de 700, 1100 y 1200 años. Su media es 1000 años. Esa aritmética no especifica si el siguiente intervalo será de 700, 1000, 1200 años o de una duración fuera del rango observado.

Incluso este registro simplificado supone que no se omitió ningún acontecimiento y que los tres intervalos se refieren al mismo tipo de ruptura. Los registros geológicos pueden estar incompletos; las definiciones del acontecimiento pertinente pueden diferir. Por tanto, un modelo de recurrencia combina observaciones con supuestos sobre cómo se relacionan esas observaciones con el futuro.

3. El estado oculto importa

Conocer la posición de una falla no equivale a conocer las condiciones detalladas en todos sus puntos. La mecánica de los terremotos trata de esfuerzos, resistencia al deslizamiento, interacciones entre zonas y propagación de la ruptura. Una medición regional de deformación restringe parte de ese problema sin revelar el estado completo en profundidad.

La dificultad lógica puede formularse sin suponer que la naturaleza carece de leyes. Un modelo físico puede generar un resultado definido una vez especificados su estado inicial y sus parámetros. Si varios estados no observados son compatibles con los datos disponibles, las mismas observaciones pueden respaldar varios resultados futuros. Ecuaciones mejores y observaciones mejores abordan limitaciones relacionadas, pero distintas.

Por eso, explicar un terremoto después de que ocurra tampoco es la misma prueba que anticiparlo. Después, la ruptura y las sacudidas proporcionan información que no existía en el registro anterior. Una reconstrucción que utiliza esas observaciones no debe describirse como si hubiera hecho un pronóstico sin ellas.

4. Por qué un precursor necesita casos de comparación

Un grupo de terremotos pequeños anterior a uno mayor puede parecer una señal evidente después. La comparación necesaria incluye grupos que no fueron seguidos de un acontecimiento mayor. El USGS señala que muchos precursores propuestos ocurren sin un gran terremoto posterior. [1]

Por tanto, una prueba útil cuenta los fallos además de los aciertos. ¿Con qué frecuencia se emitió una alerta sin que ocurriera el terremoto objetivo? ¿Con qué frecuencia llegó un terremoto sin alerta? ¿Qué proporción de la región y del tiempo se mantuvo bajo aviso? Un método que declara alarmante casi todo puede captar muchos acontecimientos y aportar poca información.

Son requisitos de evidencia, no una afirmación de que todas las señales investigadas sean inútiles. Una señal puede modificar una probabilidad sin especificar de manera única un acontecimiento. Establecer ese logro más limitado requiere compararlo con una referencia declarada y evaluarlo con resultados no utilizados para ajustar la regla. El error seductor consiste en sustituir esa evaluación por una colección de coincidencias memorables.

5. Los pronósticos siguen siendo útiles

El USGS distingue las probabilidades a largo plazo de los pronósticos para ventanas más cortas, utilizados habitualmente para las réplicas. Estos últimos aprovechan regularidades de las secuencias sísmicas en vez de requerir un calendario exacto de cada acontecimiento. [3] Un aumento condicional de probabilidad es significativo aunque la mayoría de las ventanas individuales no contengan ningún gran terremoto.

Un pronóstico también debe identificar si se refiere a la ocurrencia de una ruptura o a las sacudidas en un lugar. No son resultados intercambiables: las sacudidas dependen de la propagación y de las condiciones locales, además de la fuente. La utilidad práctica de la información probabilística no depende de fingir que señala un único acontecimiento futuro con certeza.

La falta de predicción exacta tampoco borra las pruebas de actividad de las fallas. En el ejemplo de la cordillera Teton, las capas desplazadas siguen siendo evidencia de terremotos pasados, permitan o no anunciar uno para el próximo martes. La

reconstrucción histórica y la predicción prospectiva imponen exigencias distintas a la misma ciencia.

6. La alerta temprana gana tiempo después del inicio

Una alerta temprana se emite después de que comienza un terremoto, como afirma explícitamente el USGS. [3] Los instrumentos detectan el acontecimiento en desarrollo, y la información puede llegar a algunos lugares antes de que lleguen sacudidas más fuertes. La oportunidad surge de los tiempos de propagación y procesamiento, no de conocer la ruptura de antemano.

Tomemos un ejemplo temporal deliberadamente simplificado. Supongamos que un detector registra un acontecimiento dos segundos después del inicio de la ruptura, que el procesamiento y la entrega requieren otros tres segundos y que las sacudidas pertinentes llegan a un lugar distante veinte segundos después del inicio. La notificación llega en el segundo cinco y deja quince segundos antes de esas sacudidas. Son datos inventados, no cifras de rendimiento de un sistema real.

En un lugar más próximo donde las sacudidas llegan en el segundo cuatro, la misma cadena no proporciona aviso anticipado. El ejemplo muestra tanto la posibilidad como su límite. La geometría de la fuente, la propagación de las ondas, la detección y la entrega determinan el intervalo real; un único tiempo de aviso prometido no puede describir todos los lugares.

7. Qué requeriría una respuesta mejor

Un método de predicción más sólido necesitaría evidencia prospectiva de que distingue los acontecimientos objetivo de los demás casos bajo reglas explícitas, haciendo visibles sus omisiones y falsas alarmas. Un seguimiento más detallado puede mejorar las restricciones, pero su valor debe demostrarse, no inferirse del número de instrumentos.

Por tanto, la respuesta actual es acotada. Las ubicaciones y probabilidades de terremotos pueden basarse en pruebas; la predicción exacta a corto plazo sigue sin estar disponible como método general fiable. La alerta temprana es un logro real y distinto que comienza después de la ruptura. Confundir estas categorías hace que la ciencia parezca más poderosa o menos útil de lo que es.

Lectura relacionada

El artículo 017, «¿Por qué se encuentran fósiles marinos en lo alto de las montañas?», utiliza el registro geológico de la cordillera Teton para separar deposición, desplazamiento y exposición. Ninguno de los artículos requiere el otro como lectura previa.

Referencias

[1] US Geological Survey. Can you predict earthquakes?
<https://www.usgs.gov/faqs/can-you-predict-earthquakes>

[2] National Park Service, Grand Teton National Park. Teton Fault.
<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/faults.htm>

[3] US Geological Survey. What is the difference between earthquake early warning, earthquake forecasts, earthquake probabilities, and earthquake prediction? <https://www.usgs.gov/faqs/what-difference-between-earthquake-early-warning-earthquake-forecasts-earthquake-probabilities>