

---

## ESTADO ACTUAL DE LA PREDICCIÓN DE TERREMOTOS

Por Carlos González R.  
Profesor Asociado U. N. Medellín

### 1. INTRODUCCION

La importancia de la predicción de terremotos estriba en que los desastres sísmicos pueden prevenirse, o ser reducidos en buena parte, si podemos predecir la localización y el modo de la falla que va a ocurrir, conjuntamente con las deformaciones asociadas de la corteza terrestre, las ondas sísmicas y los movimientos de masa de agua resultantes(1)

El objetivo final en la solución del problema de la predicción de terremotos es pues la indicación del tiempo y lugar en que ocurrirán los terremotos destructivos (17)

Hace pocos años, tal vez hace sólo unos quince años, la predicción de terremotos fue un tema dejado, excepto en unos pocos casos, a los videntes, místicos, adivinadores de la suerte y similares (12).

La predicción de terremotos ha sido desde hace largo tiempo un sueño de los sismólogos en aquellos países en los que ocurren terremotos destructivos. Pero el problema de la predicción es tan difícil, que ningún trabajo sistemático había sido hecho hasta que un grupo de sismólogos japoneses presentó un informe en 1962 sobre qué hacer para promover la predicción de terremotos (13). En 1965 después de la conmoción creada por el gran terremoto de Alaska en 1964, un comité formal organizado por científicos de los Estados Unidos presentó al gobierno una propuesta para un programa a diez años sobre investigación en la predicción de terremotos (6)

El problema de la predicción de terremotos se complica por el hecho de que para hacer la predicción es insuficiente conocer solamente el campo global de tensiones elásticas. Es necesario además conocer el campo de resistencia de la corteza terrestre y este campo es heterogéneo. La falta de información sobre esta parte general del problema de la predicción obliga a los sismólogos a realizar investigación sobre los síntomas que anteceden a la ocurrencia de un gran movimiento telúrico(17). La búsqueda de estos síntomas precursores ha llegado a ser eficiente sólo en los últimos 15 ó 20 años como resultado de los desarrollos en la electrónica y en las técnicas de cómputo y su aplicación a las observaciones sísmicas (18).

En este artículo se presentan los más importantes síntomas precursores y se hace una evaluación crítica del valor de algunos de ellos como medios para predecir terremotos.

## 2. CLASE DE PRECURSORES

### 2.1. Pequeños terremotos previos, variación en la actividad sísmica antes de un terremoto

Si un grupo de pequeños terremotos pudiera distinguirse de la actividad sísmica ordinaria antes de que ocurriese un gran terremoto, entonces ello contribuiría a la predicción de fuertes movimientos sísmicos. Se puede representar gráficamente la variación del número de pequeños movimientos (frecuencia de ocurrencia) con las diferentes intensidades correspondientes a esos movimientos. Estas intensidades son determinadas directamente de la longitud de la amplitud de la traza en el sismógrafo. Se ha encontrado que la ecuación que relaciona la frecuencia de ocurrencia de los pequeños movimientos sísmicos con su intensidad es una ecuación lineal y más aún, se ha observado repetidas veces (19) que la pendiente de esa recta es significativamente menor para los pequeños movimientos que preceden a un gran terremoto que para los movimientos de la actividad sísmica ordinaria o para los que ocurran una vez que ha sucedido el gran terremoto. En la figura 1 se muestra la mencionada diferencia de pendientes.

Es también posible que ocurran grandes terremotos sin la presencia previa de pequeños terremotos; sin embargo, la actividad sísmica en la región llega a ser anormalmente alta desde un año antes de que ocurra el terremoto (19).

Si grandes terremotos en una región específica son precedidos por terremotos pequeños o no y, si no, qué clase de actividad es observada, puede probablemente variar de una región sísmica a otra. Por lo tanto, se hace necesario recopilar la mayor información posible sobre un largo período de tiempo con el fin de conocer las características regionales de los pequeños terremotos previos o de la actividad sísmica previa (19).

Otra aproximación al estudio de la actividad de los pequeños terremotos previos consiste en su simulación en laboratorio en términos de la ocurrencia de pequeñas fracturas previas a una ruptura importante en la roca muestra (2, 7).

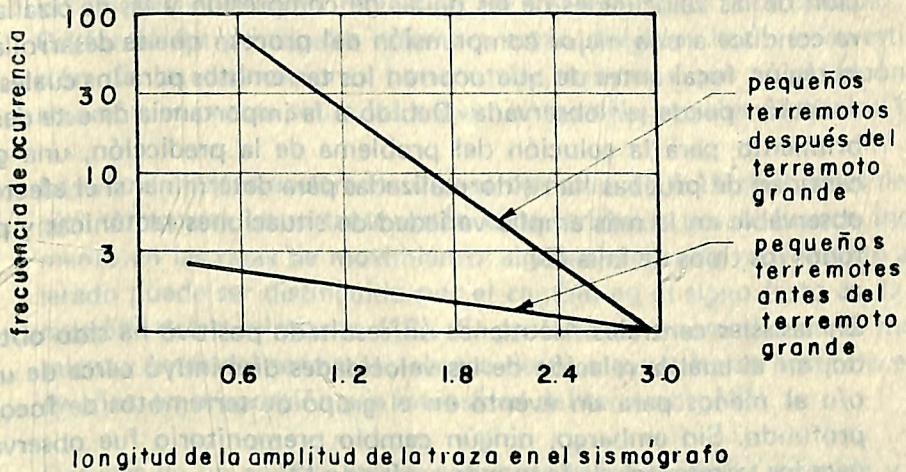


Fig. 1 Disminución de la pendiente para pequeños terremotos previos

## 2.2. Parámetros sismoestadísticos

A través del análisis del catálogo de terremotos en una región dada, es posible encontrar ciertos parámetros sismoestadísticos para esa región. Estos parámetros permiten establecer con buena probabilidad la ocurrencia de un terremoto 5 a 10 días antes de que éste ocurra (3,4).

El llamado "estudio de brechas" pertenece a esta clase de investigación estadística. A través del análisis de los largos períodos en los cuales no han ocurrido terremotos se pueden sacar algunas conclusiones sobre el tiempo en que ocurrirá el próximo gran terremoto(1).

## 2.3. Frecuencias de las ondas P y S. Cambio en la velocidad sísmica.

Una disminución estable en las frecuencias de las ondas de compresión y cizalladura (P y S respectivamente) fue observada para movimientos sísmicos con magnitud en el rango de 3 a 3,5 previos a terremotos con magnitudes mayores que 6 por Fedotov, Gusev y Boldryev (3). En otros casos los mismos autores midieron la velocidad de ondas producidas por explosiones, pero ningún cambio en la velocidad fue observado "debido probablemente al hecho de que ningún terremoto fuerte ocurrió en la zona estudiada durante el período de las observaciones"(3)..

El descubrimiento de la variación sistemática premonitoria en la relación de las velocidades de las ondas de compresión y las de cizalladura conduce a una mejor comprensión del proceso que se desarrolla en la región focal antes de que ocurran los terremotos para los cuales esa variación puede ser observada. Debido a la importancia de este descubrimiento para la solución del problema de la predicción, una gran cantidad de pruebas han sido realizadas para determinar si el efecto es observable en la más amplia variedad de situaciones tectónicas y para todos los tipos de falla (8).

En las islas centrales Aleutianas un resultado positivo ha sido obtenido, en el cual la relación de las velocidades disminuyó cerca de un 5 o/o al menos para un evento en el grupo de terremotos de foco no profundo. Sin embargo, ningún cambio premonitorio fue observado para los terremotos de foco más profundo (3).

#### 2.4. Rata de deformación unitaria

A través del uso de medidores de deformación ha sido posible observar ciertas anomalías en la rata de deformación unitaria de la corteza terrestre antes de la ocurrencia de varios terremotos fuertes (5). Estas anomalías están caracterizadas por grandes cambios en la rata de la deformación unitaria desde varios días antes del terremoto (9). La figura 2 muestra las variaciones con el tiempo de las deformaciones unitarias durante el año de 1965 para una de las regiones sísmicamente activas en la URSS en el Asia Central.

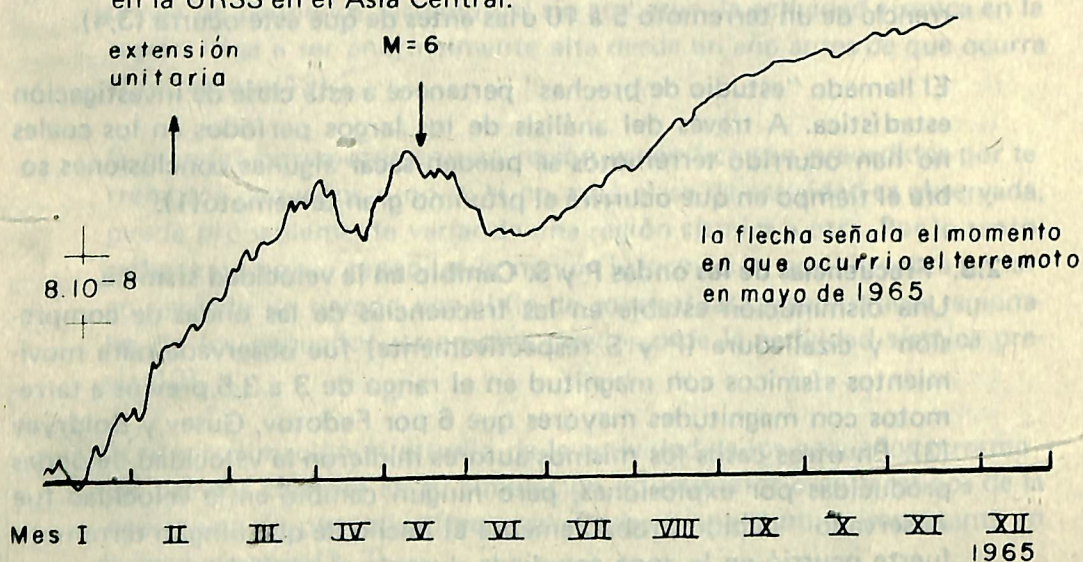


Fig.2 Variación de la extensión unitaria en el año de 1965 en una zona del Asia Central (URSS)

Los diferentes programas nacionales de predicción de terremotos reflejan las peculiaridades regionales de los terremotos. Por ejemplo, en California los principales esfuerzos están dirigidos hacia la investigación de las dislocaciones horizontales, mientras que en el Japón la atención es puesta sobre los movimientos diferenciales verticales(17).

Los movimientos acelerados que se observan 10 ó 15 años antes de algún terremoto importante están caracterizados por el brusco incremento en las ratas de movimiento; algunas veces este movimiento acelerado puede ser distinguido por el cambio en el signo (esto es, la dirección) del movimiento (10). El período de anomalías en el movimiento antes del terremoto abarca desde algunas horas hasta decenas de años, en proporción a la intensidad del terremoto(11).

Después de un análisis retrospectivo de la información recogida y desarrollando los trabajos empezados en el Japón, Nikonov(11) mejoró algunas relaciones entre la duración de los movimientos anómalos en años (t) y la correspondiente magnitud del terremoto (M).

La relación para el cinturón sísmico del Pacífico obtenida de 18 eventos es:

$$\text{Log } t = 0,57 M - 3,16$$

Para el cinturón sísmico del Mediterráneo y el Asia Central es:

$$\text{Log } t = 0,56 M - 2,88$$

Utilizando este método Nikonov (11) predice un terremoto muy fuerte en el territorio de California con magnitud entre 7,5 y 8,0.

## 2.5. Presión de los fluídos

Los cambios en la presión de los fluídos pueden controlar el momento en que ocurran los movimientos sísmicos y pueden por lo tanto hacer posible controlar la ocurrencia de terremotos de foco no profundo a través del control de las variaciones en la presión de los fluídos en la zona de falla (5). Esta hipótesis está basada en la correlación tiempo-espacio de la actividad sísmica, comparada con la localización y las ratas de inyección de desechos residuales líquidos en pozos petroleros agotados cerca a Denver, Colorado. Esta correlación muestra claramente la relación causa-efecto entre los terremotos y la inyección de los

líquidos (5). La explicación de este fenómeno es la de que aparentemente el fluido reduce la fricción a lo largo de una falla preexistente con el resultado de que las tensiones tectónicas preexistentes son liberadas en la forma de terremotos (12).

## 2.6. Resistividad eléctrica

Se ha descubierto que la tasa en el cambio de resistividad de una roca, cuando ésta es sometida a compresión, es mayor que la deformación unitaria mecánica por un factor de 300 más o menos (14).

Yamazaki ha construido un aparato extraordinariamente sensible para medir los cambios en la resistividad eléctrica de la corteza terrestre. Algunos cambios precursores fueron observados unas pocas horas antes de que ocurriera el terremoto en algunos pocos casos (14).

Fedetov, Dolbilkina y Morozov encontraron irregularidades eléctricas antes de que ocurrieran terremotos en la región de Kamchatka (3).

Ellos relacionaron esas irregularidades con la variación de la tensión eléctrica en algunas partes de la zona focal y esto parece ser causado por una electrificación local de las grandes masas de roca debidas a ciertos efectos mecánico-eléctricos ("quizás un efecto piezo-eléctrico") en el estado físico-mecánico inicial del medio.

## 2.7. Susceptibilidad magnética

Se conoce que el estado uniaxial de tensiones afecta la susceptibilidad magnética y el magnetismo termorremanente de las rocas; estos efectos fueron propuestos por Kalashnikov (1954) y Stacey (1963) como medios útiles para predecir terremotos (2).

Aunque parece que el método magnético no será muy promisorio para la predicción de terremotos, sin embargo algunas pruebas han sido diseñadas para observar el efecto sismomagnético en áreas bajo las cuales una capa de suelo altamente magnetizada yace cerca a la superficie terrestre. (15).

## 2.8. Comportamiento animal

Recientemente se ha puesto mucha atención al comportamiento del ganado, perros, gatos, ratones, serpientes, pájaros, peces, etc. antes de un terremoto (9).

Antes de la ocurrencia del terremoto de Hichung (China) en 1975 (entre

otras cosas el primer terremoto altamente destructivo que fue predicho en la historia) se observó que las ratas se pusieron muy agitadas, las serpientes salieron de su estado de hibernación, los cerdos se mordían unos a otros y trataron de saltar vallas, las vacas pelearon entre sí y trataron de fugarse, las tortugas trataban de salir del agua y una gallina fue vista volar a lo alto de un árbol (16)

El comportamiento anormal de los animales antes de un fuerte terremoto puede servir pues de dato complementario a la predicción de terremotos, aún dado el hecho de que la ciencia no ha explicado todavía el por qué de ese extraño comportamiento.

### 3. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Varios de los síntomas precursores más conocidos han sido presentados. Los pequeños terremotos previos, la variación en la actividad sísmica antes de un terremoto, los parámetros sismo-estadísticos y los cambios en la rata de deformación unitaria son los síntomas precursores más generales y útiles en la presente etapa del conocimiento. Los cambios en la velocidad de las ondas P y S, los cambios en la presión de fluídos y los cambios en la resistividad eléctrica pueden servir en algunos casos como síntomas precursores. El método de la susceptibilidad magnética es solamente una técnica incipiente y el estudio del comportamiento animal aunque no tiene todavía una base científica puede sin embargo ser de utilidad al menos como una técnica suplementaria.



### 4. REFERENCIAS

1. Ando, M., 1974. Possibility of a major earthquake in the Tokai District, Japan and its pre-estimated seismotectonic effects. *Tectonophysics*, 25(1-2): 69-85.
2. Brace, W. F., 1967. Current laboratory studies pertaining to earthquake prediction. *Tectonophysics*, 6 (1); 75-87.
3. Fedotov, S.A.; Dolbilkina, N.A. ., Morozov, V.N.; et al; 1969. Investigation on earthquake prediction in Kamchatka. *Tectonophysics*, 9 (2-3): 249-258.

4. Fedotov, S.A. Gusev, A.A.; and Boldyrev, S. A. 1971. Progress of earthquake prediction in Kamchatka. *Tectonophysics*, 14 (3-4): 279-286.
5. Healy, J.H.; Lee, W. H. K.; Nakiser, L.C.; et al; 1971. Prospects for earthquake prediction and control. *Tectonophysics*, 14(3-4): 319-332.
6. Hagiwara, T., 1968. Symposium on earthquake prediction; Introductory remarks. *Tectonophysics*, 6(1): 9.
7. Kanamori, H; 1969. Recent developments in earthquake prediction research in Japan. *Tectonophysics*, 9 (2-3): 291-300.
8. Kisslinger, C.; and Engdahl, E.R., 1974. A test of the Semyenov prediction technique in the Central Aleutian Islands. *Tectonophysics*, 23 (3): 237-246.
9. Latynina, L.A.; and Karmaleyeva, R.M., 1969. On certain anomalies in the variations of crustal strains before strong earthquakes. *Tectonophysics*. 9 (2-3): 239-247.
10. Meschrerikov, A; 1967. Recent crustal movements in seismic regions; geodetic and geomorphic data. *Tectonophysics*, 1(1): 29-39.
11. Nikonov, A.I.A., 1978. Contribution to earthquake prediction by the data of recent crustal movement anomalies. *Tectonophysics*, 52 (1-4) 644-645.
12. Olivar, J. 1969. Recent earthquake prediction research in the U.S.A. *Tectonophysics*, 9 (2-3): 283-190.
13. Rikitake, T., 1968. Editorial. Symposium on earthquake prediction. *Tectonophysics*, 6 (1): 7, 8.
14. Rikitake, T.; and Yamazaki, Y; 1969; Strain steps as observed by a resistivity variometer. *Tectonophysics*, 9 (2-3): 197-203.
15. Rikitake, T; 1974. Japanese national program on earthquake prediction. *Tectonophysics*, 23 (3); 225-236.
16. Rikitake, T; 1977. Biosystem behaviour as an earthquake precursor. *Tectonophysics*, 51 (1-2): 1 - 20.



17. Savarensky, E. F., 1967. On the prediction of earthquakes. Tectonophysics, 6 (1): 17-27.
18. Savarensky, E. F. 1974. Introductory remarks to the symposium on earthquake prediction. Tectonophysics, 23 (3): 221.
19. Suyehiro, S.; and Sekiya, H., 1971. Foreshocks and earthquake prediction. Tectonophysics, 14 (3-4): 219-225.

**CVL CVL Itda**  
INGENIEROS CIVILES

**DISEÑO ESTRUCTURAL - ASESORIA**

**ALVARO DIAZ P.  
JUAN G.M. CORREA M.  
JAIME A. ACEBEDO A.**

**Cra. 76 No. 34-A-41  
Tels: 432349 - 435106  
Apdo. Aéreo 50106  
Medellín**