

CONSIDERACIONES SOBRE SISMOLOGIA GENERAL Y PREDICCIÓN DE SISMOS.

GENERALIDADES:

Este informe resume trabajos sobre detección de micromovimientos en la ciudad de Córdoba, realizados desde noviembre de 1977 hasta 1980, interrumpidos por razones de trabajo y reiniciados en 1999.

Se inicia la detección de micromovimientos sísmicos en esta ciudad a partir del terremoto de Caucete ocurrido el 23 de noviembre de 1977 y de la observación de la conducta anómala de algunos animales pocas horas antes del sismo.

A partir de este momento averigué durante mis viajes de trabajo en zonas rurales, toda clase de información relacionada con cambios en la conducta de los animales en el campo antes del terremoto, me informé también sobre algunas observaciones de fenómenos físicos desacostumbrados y antecedentes sísmológicos registrados meses, días y horas antes del terremoto.

Con respecto a la conducta de los animales en muchas zonas diferentes de la provincia, se llega a una conclusión muy simple, muchos alteraron su conducta y otros muchos ignoraron el sismo, es importante conocer la causa de esa conducta diferente.

Desde más de seis meses antes del sismo de Caucete se incrementaron notablemente los microsismos en las sierras de Córdoba, detectados por el sísmógrafo del Observatorio Geofísico de Pilar, (Cba.) por otra parte el día anterior al sismo en Caucete, (San Juan) se verificaron cuatro eventos menores en la zona epicentral, que pueden considerarse sismos premonitores (foreshocks).

De lo anterior se deduce que los fenómenos presísmicos se observaron en una zona muy extensa y a muchos Km del epicentro, y de haberse contado con un plan para predicción de sismos, evaluando estos datos este fenómeno pudo preverse y tomar recaudos importantes, tales como, no dar una alarma pública en las ciudades, pero sí alertar una guardia para el corte del gas natural para prevenir incendios y realizar el corte de la electricidad para prevenir accidentes, alertar a las comisiones de defensa civil y recordar radialmente las normas de conducta pública ante un evento sísmico importante, alerta sanitaria o cualquier otra medida de previsión de desastres que estimen conveniente las autoridades pertinentes.

OBJETO DE LA OBSERVACIÓN MICROSISMICA

La detección de micromovimientos sísmicos tiene como objeto final indicar la cuantía de las fuerzas dinámicas que soporta una estructura de roca que finalmente puede colapsar produciendo un evento sísmico.

Para tratar de predecir un sismo existen indicadores que según la publicación "Terremotos" de la Unesco, pueden ser clasificados en cuatro categorías, a largo plazo, que implican décadas y años, a mediano plazo, algunos meses, corto plazo, que implican pocas semanas antes del sismo y a muy corto plazo u operacionales, que aparecen horas antes del movimiento.

Los indicadores sísmicos a largo plazo se basan en que un terremoto se produce por el agrietamiento repentino de la corteza terrestre en un punto que ha estado sometido a intensas fuerzas tectónicas que han superado la resistencia de las rocas que la componen.

El proceso de acumulación de fuerzas no es rápido sino que en determinadas regiones requiere cientos de años mientras que en otras algunas decenas.

Como todos los cuerpos físicos conocidos, a las rocas de la corteza al serles aplicada una fuerza se deforman, y al aumentar esa fuerza la deformación es mayor, y tanto en sentido vertical como horizontal cambian su forma geométrica.

En consecuencia por medio de mediciones topográficas de precisión, referidas a planimetría y altimetría, se puede conocer la existencia y el sentido de aplicación de la fuerza que está actuando sobre la corteza, en determinado lugar.

Logicamente estas mediciones deben ser reiteradas cada cierto tiempo para observar como evoluciona el proceso.

Las deformaciones superficiales de la corteza tanto en altura como en forma se determinan por medio de mediciones geodésicas de máxima

precisión.

Existen muchísimas líneas de nivelación en regiones sísmicas del mundo tales como California, China, Rusia, Japón, etc. Generalmente se trabaja con inclinómetros y mediciones satelitales.

Antes de un sismo importante generalmente se produce un hinchamiento en la corteza que es detectado por estas mediciones, y se continúa observando su evolución en forma permanente, pero estos sistemas de medición son muy caros por la reiteración de medidas, y como todos los indicadores a largo plazo no indican el momento de la ruptura final de la corteza.

Como indicadores a corto y mediano plazo pueden citarse los cambios en las velocidades de propagación de las ondas sísmicas, los cambios en la resistividad eléctrica de las capas profundas, y el incremento de la actividad sísmica y microsísmica, para notar cambios importantes normalmente se requieren varios años de estudios en una zona.

Tampoco indican el momento de la ruptura de la corteza.

Un indicador conocido a corto plazo es el incremento del gas radón en fuentes de agua profunda, liberado por efectos de la compresión de las rocas. Por tal compresión cambia también en algunas ocasiones, la composición del agua subterránea en perforaciones, pero se deben dar condiciones geológicas muy especiales que solo en poquísimos manantiales existen, pues no solo deben ser profundos sino que también deben existir rocas radioactivas que emanen gas radón en cantidad medible y a un ritmo constante que pueda ser alterado solo por un evento sísmico.

Los indicadores sísmicos a muy corto plazo implican cambios que aparecen desde un par de días antes del sismo hasta solo algunas horas antes.

Uno de ellos es el conocido incremento de CRUJIDOS DE ROCA Y SISMOS MUY LEVES debido a la extrema tensión que soporta la corteza.

Otro indicador a muy corto plazo es lo que los chinos denominan "ruidos de las montañas", que son ruidos que se escuchan como truenos desde tiempo inmemorial, pocas horas antes de algunos terremotos de foco somero.

Pero el indicador más importante de este grupo es la conducta animal anómala antes de un terremoto, que actualmente es reconocida por los sismólogos occidentales, de acuerdo al Seismological Bulletin (agosto 1980 pag. 1218-1219).

Este indicador sísmico es muy importante, mientras que los sismólogos occidentales restaban seriedad a estos cambios de conducta animal, los orientales basándose en la observación de conductas animales anómalas han previsto varios sismos, y han errado también en algunas oportunidades.

Luego del terremoto de Cauçete, ocurrido el 23 de noviembre de 1977, comprobé personalmente, en la ciudad de Córdoba, que algunos animales en nuestra ciudad y en algunas localidades de nuestra Provincia, escucharon "algo" que los mantuvo inquietos desde algunas horas antes del sismo hasta su concreción.

Tuve oportunidad también de comprobar que en muchas otras localidades los animales, antes del sismo, no modificaron para nada su conducta habitual.

Surge inmediatamente la pregunta ¿por qué los animales en algunos lugares alteran su conducta habitual antes de un sismo fuerte y en otros no?, trataremos de hallarle una explicación lógica al tema.

La alteración de la conducta animal antes de un sismo no es ninguna novedad y abundan muchos ejemplos al respecto, ratas que huyen de sus cuevas, perros que ladran o aullan hasta el cansancio, pájaros que se espantan repentinamente y sin motivo aparente, y muchos otros similares.

Evidentemente si muchos animales escuchan o perciben "algo" antes de un sismo de importancia, es porque este fenómeno origina antes del colapso final algún tipo de evidencia que lo caracteriza, que los animales conocen y temen.

Lo más lógico es suponer que puede ser algún tipo de vibración u onda sónica, o infrasónica, que su mayor sensibilidad auditiva les permite captar.

Anteriormente hemos considerado que se generan muchos agrietamientos y roturas de roca antes de un sismo, evidentemente los ruidos de la montaña, los microsismos, y la alteración de la conducta animal PUEDEN OBEDECER A LA MISMA CAUSA, es decir a la aparición de grietas y roturas en las

rocas, que generan vibraciones, debido a las fuerzas tectónicas actuando sobre una estructura al borde del colapso y si las escuchan los humanos se denominan ruidos de la montaña, si son escuchadas por los animales alteran su conducta y si son detectadas por detectores adecuados, presagian un sismo o el derrumbe de un talud de roca.

Suponiendo que se trata de vibraciones o trenes de onda, porqué las percibe el hombre salvo en raras ocasiones, evidentemente hay cuatro razones para explicarlo.

- 1) Que muchas señales originadas por crujidos de roca estén fuera del espectro auditivo humano que es de unos 20 ciclos por segundo en su límite inferior (Las frecuencias altas se amortiguan rápidamente en la tierra y solo pueden escucharse en un area muy cercana al epicentro de un sismo somero).
- 2) Que estas frecuencias estén dentro de los límites audibles pero que su intensidad sea baja para nuestra escasa sensibilidad.
- 3) Que el hipocentro sea profundo y en este caso son totalmente atenuadas por la distancia.
- 4) Que estén fuera de los límites audibles, menos de 20 ciclos segundo y que además sean de baja intensidad. Es decir que si existieran estas vibraciones previas, razones no nos faltan para no escucharlas en la mayoría de los sismos.

Prosiguiendo ahora nuestro razonamiento consideraremos una pregunta clave, ¿antes de un sismo pueden originarse vibraciones mecánicas que lo delaten?

La contestación es evidente si analizamos la mecánica de este fenómeno, si se considera que una falla que se activa es la que produce el movimiento, y que esta falla puede tener mucho más de 100 km de largo, por ejemplo, no se puede pensar que llega al colapso en forma repentina, sino que es más probable que sus puntos menos resistentes cedan horas antes, por la acción de las fuerzas tectónicas, triturando toneladas de roca, y dejando al sistema en equilibrio crítico, hasta que se produce el sismo; y luego las réplicas que completan el nuevo estado de equilibrio. evidentemente la formación de diaclasas y fallas menores, en puntos secundarios pueden dar origen a esas vibraciones previas. Uno de los métodos para predecir los sismos utilizado en EE.UU y en Japón, por ejemplo, es medir el abombamiento de la corteza terrestre con sensibles inclinómetros, es lógico pensar que la corteza, que esta constituida por rocas que individualmente son practicamente rígidas, si se deforma, debe agrietarse y al hacerlo tiene que generar vibraciones mecánicas, asimismo fenómenos piezoeléctricos y tal vez fenómenos magnéticos que muchas veces van asociados con los movimientos sísmicos. Podemos asimismo comparar el fenómeno sísmico con el derrumbe de un edificio, en este caso semanas antes aparecen asentamientos diferenciales que provocan días y horas antes del derrumbe grietas y caídas de revoque, deformaciones de marcos etc, que anticipan el colapso. Si en estos casos, despreciables en magnitud comparados con un sismo, aparecen señales evidentes antes del derrumbe, ¿puede concebirse que se mueva medio continente de un minuto para otro y sin ninguna evidencia previa?.

Quiero remarcar entonces que la existencia de vibraciones previas a los sismos, es una cosa completamente lógica y sería imposible aceptar el roce de dos placas tectónicas sin pensar en las vibraciones originadas por la fricción entre sus bloques.

EXPERIENCIAS REALIZADAS SOBRE MUESTRAS DE ROCA EN EL LABORATORIO.

De acuerdo al profesor Rikitake, en su libro Eartquake Prediction, capitulo 13 pag. 235, se han realizado experiencias de laboratorio sobre probetas de granito sometidas a presiones compresivas crecientes hasta su rotura, con y sin presiones confinantes.

Se distribuyeron convenientemente micrófonos sobre la probeta para captar las vibraciones producidas en la probeta bajo compresión.

Se localizaron las fuentes de los disturbios aplicando tecnicas semejantes a las sismológicas para la ubicacion de epicentros e hipocentros de sismos, por los tiempos de llegada a los detectores.

Se observaron hechos muy interesantes, por ejemplo que antes de la rotura ocurren muchos microshocks en rocas heterogeneas y pocos en materiales homogeneos.

Al comenzar la compresión y pasada la etapa de deformación elástica la probeta cruje por la formacion de microfisuras. Estas microfisuras

al comienzo se distribuyen homogéneamente en todo el volumen de la muestra de roca, pero al aumentar la compresión las grietas se agrupan en zonas muy definidas, hasta que finalmente se produce la rotura en la zona de acumulación de las microfisuras.

En las experiencias realizadas con presión confinante sobre la probeta pudo observarse que las muestras resisten mayores cargas antes del colapso, y que el agrietamiento aumenta exponencialmente al aplicar aproximadamente el 95 % de la carga de rotura. (ver gráfico). (Condición muy importante para estimar más correctamente el momento de la ruptura en la probeta y en la corteza).

Obviamente el autor vincula la formación de microfisuras en la muestra con los sismos premonitores y crujidos de las rocas de la corteza terrestre antes de los sismos.

Sobre el mismo tema, y de acuerdo a las experiencias de Mogi, de compresión de probetas de roca, puede comprobarse que tienen lugar los mismos fenómenos que los que se verifican en la corteza terrestre antes de un sismo, es decir, microfisuración, vibraciones de un amplio espectro de frecuencias, cambios en la resistividad eléctrica, fenómenos piezoeléctricos y cambios en la velocidad sísmica V_p/V_s , etc.

En el gráfico adjunto perteneciente a la misma publicación se resumen las experiencias de laboratorio anteriormente sintetizadas. (todos estos fenómenos se observan antes de sismos importantes).

Es interesante observar el comportamiento de la curva de microfisuración de la probeta de roca que aumenta exponencialmente el número de microshocks poco antes de su rotura, eso mismo se deduce que ocurre en la corteza terrestre y por lo mismo aumentan también subitamente los microsismos y vibraciones pocas horas antes del evento sísmico, que se traducen en miedo animal, ruidos de la montaña y fenómenos eléctricos y magnéticos conocidos.

Esta característica de las probetas de roca bajo compresión en el laboratorio, de aumentar subitamente los crujidos y el agrietamiento muy poco tiempo antes de la rotura, a gran escala es de mucha importancia para predecir el momento en que en la corteza ocurrirá el sismo.

Luego veremos que esta característica de la roca también es utilizada en grandes labores mineras para determinar la estabilidad de taludes de roca y predecir su derrumbe.

EXPERIENCIAS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE ROCAS SOMETIDAS A COMPRESION SIMPLE Y CONFINADA

OBSERVACIONES DE CAMPO RELATIVAS A LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES DE ALTA FRECUENCIA EN ROCAS SOMETIDAS A ESFUERZOS.

Evidentemente está comprobada la existencia de vibraciones en probetas de roca sometidas a compresión en el laboratorio, y para corroborarlas a gran escala me remito a la publicación chilena "Minerales", de octubre-noviembre de 1977, página 47, en la que el Ing. G. Krstulovic (Consultor de Mecánica de rocas del CIMM) trata sobre el tema métodos y técnicas microsísmicas en la evaluación de estabilidad dinámica de macizos rocosos.

Dice el Ing. Krstulovic " La respuesta dinámica de un material rocoso a una sollicitación transiente (Temblor de tierra) o a un proceso pseudo estático realizado por el hombre (excavaciones), se manifiesta por RUIDOS DE ROCA.

El análisis osciloscópico de estos eventos indica que el espectro de frecuencias para los ruidos generados es muy amplio, encontrándose entre 50 y 10.000 ciclos/segundo con pulsos de .0001 a 1 segundo de duración, (desde microfisuración a explosión de roca).

Sobre el análisis de la información microsísmica expresa " Las técnicas de análisis microsísmicas están basadas en las siguientes operaciones:

A) Rocas sujetas a fatigamiento y/o deformación autogeneran ruidos (eventos) detectables mediante instrumentación.

B) El número de eventos detectables en una roca fatigada y/o en proceso de deformación aumenta al ser incrementados los esfuerzos o las deformaciones actuantes sobre la roca.

C) La magnitud del ruido generado es rápidamente atenuada con la

distancia desde la fuente emisora

" Conforme a lo anterior el ruido de la roca es un indice adecuado para establecer la calidad y/o estabilidad de una estructura, siendo posible ademas conocer la ubicacion y extension de los volúmenes fatigados y/o deformados".

La informacion microsismica puede ser empleada para los siguientes objetivos.

A) Determinar la existencia de concentraciones de fatiga o incipientes movimientos de roca.

B) Localizacion y delimitacion de areas o volúmenes de roca en condiciones criticas de fatiga o deformacion.

C) Estimacion de estabilidad para sectores con las características antes mencionadas.

Mas adelante el Ing. Krstulovic continua " Stateham y Vanderpool en 1968, empleando el metodo del conteo de eventos demostraron una perfecta correlacion entre la densidad de los ruidos y la velocidad del desplazamiento de un talud inestable.

Kennedy en 1968 empleo una tecnica similar para PREDECIR el momento del deslizamiento de un talud fallado.

Luego el autor preconiza el uso de amplificadores electronicos con registradores y geófonos adecuados a las frecuencias a detectar a los fines de monitorear continuamente la estabilidad de taludes de roca en las grandes labores mineras..

Es evidente que las experiencias de laboratorio de Rikitake y Mogi se repiten a escala muchisimo mayor (grandes labores mineras) y las experiencias de campo de Stateham-Vanderpool y de Kennedy en grandes labores, permiten suponer que los fenómenos registrados en estas obras, deben repetirse también en mayor escala en en la naturaleza . Este tipo de crujiidos y vibraciones muy intensas pueden ser las registradas en Cordoba en los dias posteriores al sismo de Caucete, que debieron ser mas intensas horas antes del sismo que seguramente alivió las tensiones en la roca, y también porque los animales en nuestra ciudad no volvieron a alterar su conducta en ninguna otra oportunidad posterior al sismo.

Es muy probable que si puede predecirse el deslizamiento de un

talud por medio de crujidos de la roca, sera mucho mas facil contabilizar los eventos producidos por miles de toneladas de roca trituradas, antes de un gran sismo, debiendo ser mas intensos los disturbios, antes de un evento importante, que los registrados antes de un sismo menor.

Como corolario podemos reformular la pregunta anterior, ¿ Se puede deformar la corteza terrestre, y se pueden mover miles de toneladas de roca triturandose en las fallas, ante el roce de dos placas tectónicas sin que se generen vibraciones mecanicas ?, sería muy dificil explicarlo.

Aceptando la existencia de vibraciones previas a un sismo, pueden formularse dos preguntas importantes .

- 1) ¿ Han sido escuchadas por el hombre?.
- 2) ¿ Por qué no las detectan los sismógrafos convencionales?.

La primera se contesta facilmente, si, han sido escuchadas por el hombre como ruidos de la montaña, pero solo en algunos sismos importantes y de foco somero, (se atenúan rapidamente con la distancia a la fuente) lógicamente en las cercanias del epicentro, y son más intensas en terrenos rocosos. .

Abundan muchos ejemplos al respecto., de ruidos subterranos previos a sismos someros.

La segunda pregunta que plantea la existencia de estas vibraciones es porqué no han sido captados por los sismógrafos convencionales. Estos equipos sobre todo los electromagnéticos son muy sensibles, pero ningún equipo registra frecuencias muy debiles de 40 o más ciclos por segundo, pues poseen sistemas de inscripción y filtros que no dejan amplificar ni registrar estas frecuencias pues coinciden con los ruidos producidos por el viento, tránsito, etc., por eso no son amplificadas., ni registradas, resumiendo son equipos electronicos fabricados para otra tarea..

Por otra parte los sismografos electronicos convencionales generalmente no son observados continuamente y muchas veces se estudian sus registros despues de finalizados, y despues de registrado el sismo.

Es muy conocido en mecanica de rocas que una fractura en profundidad, o una explosión, origina una amplia gama de frecuencias de ondas elásticas desde unos pocos ciclos por segundo, a varios miles. Estas ondas de frecuencias altas se amortiguan rápidamente con la distancia desde la fuente del disturbio, sobre todo en roca alterada o sedimentos finos; cada tren de ondas se propaga y se amortigua de acuerdo a su frecuencia. Es evidente entonces que podemos esperar frecuencias medias y bajas en las cercanias del epicentro, o de una falla activada por tensiones previas a un sismo, y solamente frecuencias muy bajas a distancias medias, mientras que a varios miles de Km del epicentro de un sismo importante solo llegan ondas de un periodo de varios segundos por ciclo.

En consecuencia surge la pregunta, conociendo que los animales en cordoba, a 400 Km del epicentro del sismo de Caucete escucharon vibraciones sónicas o subsónicas que alteraron su conducta, porque estas vibraciones de frecuencia relativamente alta no se amortiguaron por la distancia a su fuente ?.

Para explicar este hecho, que muchas personas observamos en Cordoba antes del sismo del 23/11/77, podemos recurrir a la siguiente hipótesis.

Para que se deforme una zona de la corteza terrestre, conformada por rocas, individualmente muy rigidas, es logico pensar que la corteza para deformarse solamente puede hacerlo articulándose por el movimiento relativo entre sus bloques que estan delimitados por fallas, (Como se deforma un piso de baldosas o un piso de ladrillos, es decir se articula por las juntas).

Es decir, en la zona epicentral los bloques ascenderán mas, y se moverán menos los bloques alejados, para producir un abombamiento, pero en una gran superficie de la corteza los bloques se verán afectados por movimientos relativos y generarán vibraciones sónicas o subsónicas, que en las zonas de fallas podrían ser escuchadas por los animales o por sensores electrónicos, es decir que sobre una gran superficie se generarían ruidos locales provenientes del acomodo de bloques corticales a muchos Km del area epicentral provocados por el ascenso diferencial de los bloques, según la distancia al area mas comprometida. .

Antes del terremoto de Caucete, en el Observatorio de Pilar, y en la Catedra de geofísica de la UNC se recibieron testimonios de conducta animal desacostumbrada y de fenómenos fisicos muy poco comunes, registrados en

localidades muy alejadas, tales como en Córdoba, Villa Gral Belgrano, Lucio V. Mancilla, Pie de Palo, Salinas Grandes Etc, que demuestran que la superficie afectada fué muy amplia.

Como estos bloques tienen normalmente muchos Km de extensión, surge de este razonamiento el porque algunos animales cambian su conducta antes de un sismo y otros no, los que están cerca de una falla activa donde las vibraciones producidas por el roce entre bloques son intensas las perciben mientras que en la zona central del bloque estas vibraciones están amortiguadas por la distancia a la zona fallada y no pueden ser percibidas por los animales. Estas vibraciones no pueden tener componentes de muy baja frecuencia por ser sólo la fractura de un manto rocoso, sin producir grandes movimientos de materiales, como en el sismo posterior. Para comprender más fácilmente la diferencia, no es igual el ruido del derrumbe de un edificio, que el de agrietarse una pared, ni en amplitud ni en frecuencia.

Quiero remarcar entonces que los ruidos subterráneos y vibraciones previas son una consecuencia lógica e ineludible del fenómeno sísmico.

Además como describiré más tarde, con el equipo electrónico apropiado tales vibraciones del basamento que se originan no sólo por los sismos, pueden ser escuchados no sólo horas antes de un movimiento sino en otras oportunidades, tales como cambios bruscos de presión atmosférica o cambios térmicos. Se han observado en Córdoba uno o varios crujidos luego de la salida del sol, están registrados en la faja diaria y conociendo la deformación de la corteza por las mareas solares, sería conveniente estudiar este tema.

EQUIPO DE DETECCION DE MICROMOVIMIENTOS

Si es correcta la hipótesis de la percepción animal de vibraciones sonoras y subsonoras muy débiles, y que por ello alteran su conducta, es evidente que si existen tales vibraciones podrán registrarse electrónicamente, con la amplificación que sea necesaria.

Las ventajas de la detección electrónica sobre la observación de la conducta animal son las siguientes :

- A) Son contabilizadas numéricamente y pueden aplicarse tratamientos estadísticos y gráficos.
- B) El detector de vibraciones puede ubicarse en profundidad para aminorar los ruidos superficiales que son intensos, especialmente en zonas urbanas.
- C) puede aplicarse un sistema electrónico para anular los ruidos superficiales y mejorar la relación señal/ruido.
- D) Pueden graficarse sobre papel o registrarse sobre cinta magnética para analizarlas de diferentes maneras.
- E) Un detector electrónico adecuado contabiliza continuamente las vibraciones (24 Hs/día) y no es afectado por alteraciones periódicas de conducta o por cualquier otro factor ajeno a las vibraciones..
- F) La sensibilidad electrónica para la recepción puede ser mucho más elevada y con filtros adecuados pueden elegirse las frecuencias más convenientes.
- G) Al recibir una señal puede activarse una alarma sonora que permita monitorear horas antes de un sismo el comportamiento del subsuelo.

Se piensa que las ventajas de la percepción electrónica son muchas, con respecto a la observación de la conducta animal anómala, pues contabilizando las señales y analizándolas estadísticamente por medios informáticos, instalando el detector en un excelente punto geológico y con suficiente tiempo de registro, debieran conseguirse muy buenos resultados.

Logicamente para mayor seguridad y para determinar con certeza la zona afectada deberian instalarse varios detectores, cuyo costo es infimo.

Considerando todo lo expuesto y siguiendo la lógica de los razonamientos expuestos, se construyó un detector, de señales, después de muchos intentos y muchas equivocaciones, que capta toda la gama de frecuencias que son de interés y con extremada sensibilidad.

Como primera medida se observó que era muy afectado por el tránsito, vientos, golpes, etc. En consecuencia se colocaron sus péndulos en una excavación, primero de de ocho metros de profundidad, y posteriormente se profundizo a quince metros, con una cubierta de tierra. Esto aminoró mucho los ruidos pero no los eliminó totalmente.

Se observo que los ruidos urbanos y climáticos, transito-golpes-viento-truenos etc , se amortiguan mucho al profundizar bajo tierra la colocación del geófono, en consecuencia se ideó el siguiente dispositivo para no realizar una perforacion profunda que es onerosa.

Se realiza la captación de micromovimientos a 15 metros de profundidad por medio de un geófono múltiple, electromagnético, con cuatro resonadores a diferentes frecuencias.

Paralelamente se amplifican, con un equipo similar, con menor sensibilidad, las vibraciones a un metro de profundidad. Si las vibraciones son de origen superficial, este amplificador tiene una señal entre 4 y 10 veces mas intensa que el profundo. (depende del tipo y de la la frecuencia de la perturbacion).

Ambas señales rectificadas se llevan a un comparador de voltajes, si la intensidad superficial es mayor que la señal profunda, esta no es contabilizada ni graficada, pero si la señal profunda es mas intensa si es graficada y contabilizada.

El equipo de medicion permite registrar, a 15 metros de profundidad, un golpe muy ligero en superficie, sin actuar el supresor de ruidos superficiales, pero funcionando este, puede golpearse con una maza a cualquier distancia y este golpe no es registrado. Tampoco se registra el tránsito, truenos, aviones o cualquier otra fuente de vibraciones superficiales.

Asimismo tres alarmas sonoras diferentes se escuchan cuando es recibido un microsismo o un sismo lejano que se detecta con un sismografo electrónico convencional con un péndulo que resuena en 2.5 segundos/ciclo. (Este equipo contabiliza digitalmente la existencia de un sismo pero no grafica el sismograma por lo que no puede ubicarse su epicentro).

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO DETECTOR UTILIZADO

El supresor de ruidos, tanto en al campo como en la ciudad es imprescindible, pues si no funciona no puede darse alta sensibilidad al equipo detector de micro-micro sismos.

Però el fondo continuo de ruidos en la ciudad es muy variable de acuerdo a las horas del dia, y si hay un alto ruido de fondo no es posible detectar débiles señales microsismicas, en consecuencia se dispone de un segundo circuito que rectifica la señal de ruido, con una constante de tiempo muy lerda, y con una polaridad opuesta al circuito pincipal que rectifica el ruido (golpe o perturbacion no continua de corta duracion). El circuito principal tiene una respuesta rápida y anula una señal de ruido intermitente para que no sea contabilizada, mientras que el segundo circuito baja casi a cero el fondo continuo de ruido, para que ahora sí, pueda ser graficado un debil crujido de roca, con alto ruido de fondo.

El amplificador y rectificador de ruidos superficiales tiene una constante de tiempo muy rapida para que la señal de ruido recibida bloquee rapidamente el amplificador de microsismos, y su desbloqueo es lento a fin de que la onda profunda solo pase al contador y al graficador si su intensidad es mayor que el ruido.

De acuerdo a lo expuesto, el sistema graficador registra sobre una faja de papel la señal profunda, solo si es mas intensa que la superficial, con contabilizador de tiempo y un pequeño movimiento de la faja cada hora para evitar manchas de tinta sobre la faja de papel al estar quieta largas horas sin recibir señales.

Este equipo de detección cuenta tambien con un contador mecánico que mueve mas unidades de acuerdo a la intensidad del disturbio y a su duración

y permite traducir numericamente la actividad microsismica para tratamientos estadisticos de los datos.

Todos los datos se registran simultaneamente en un computador las nueve curvas independientes que toman valores cada quince minutos y son registrados continuamente 864 datos diarios que reflejan la actividad tectonica del dia.

En dias nublados y normales, se mueven menos el graficador y el contador, mientras que en dias de fuerte insolacion, sismicamente normales se reciben algo mas de movimientos.

Un golpe sobre el suelo con una maza de 8 Kg de peso (sin supresor de ruidos) mueve entre 10 y 20 unidades en el contador (segun su intensidad y distancia a la excavacion) y aparece el correspondiente grafico en el papel, y no mueve nada ni contabiliza, al conectar el supresor de ruidos superficiales.

Es muy importante remarcar que un equipo detector puede ser muy eficiente electronicamente, pero es fundamental el area geológica donde esta emplazado, pues si está en el centro de un bloque cortical, lejos de una falla activa, no funcionará (como la percepcion animal), mientras que en un buen lugar, puede obtener muy buenos resultados.

En este caso el detector esta ubicado sobre el faldeo oriental de las sierras Chicas delimitado por las fallas norte-sur que son paralelas a su máxima elongacion (Sistema de fallas La Calera-Ascochinga) y a la vez son cruzadas por la falla de la quebrada del rio Suquia, en direccion aproximada este-oeste, esta falla no es visible en superficie, pero hay indicios ciertos de su presencia. Un indicio importante es su agitacion microsismica, y otro es por ejemplo que a unos 45 Km hacia el norte de la ciudad de Cordoba el basamento aflora poco antes de Jesus Maria, (Estancia Belgrano), mientras que hacia el sur a unos 30 Km, en Rafael Garcia, la roca está a unos 50-60 metros, pero en la ciudad de Cordoba a pesar de estar a menor altura sobre el mar que ambas localidades (unos 100 metros menos) el basamento no aparece al menos hasta los 400-450 metros, de acuerdo a perforaciones conocidas.

Esto permite suponer que la ciudad se halla entre dos bloques, separados por la falla del rio Suquia, un bloque norte que desciende hacia el sur, al igual que el valle de Punilla, en la falda occidental de la Sierra Chica, y un bloque sur, que asciende en esa dirección.

Resumiendo la ubicacion geológica del detector de vibraciones, en este caso es la ideal, por estar a muy pocos Km de un cruce de fallas importantes

Con respecto al riesgo sísmico de la ciudad de Córdoba no solo debemos considerar a los eventos cuyanos como unica fuente de riesgo sino tambien a los sismos locales, tales como el sismo de octubre de 1927, que fue estimado en grado siete, con epicentro muy cercano a la ciudad, y fue percibido claramente en la ciudad de Buenos Aires, si en este momento se repitiera un sismo similar causaria problemas graves.

Existen antecedentes sísmicos en la zona de Sampacho y en las sierras de San Luis.

El terremoto de Caucete que produjo algunos daños menores tuvo en Córdoba una intensidad de grado seis.

Desde el mes de Septiembre de 2000 se comenzó a controlar los valores del fondo de los equipos de detección de micro-microsismos y el fondo continuo de señales sismicas, partiendo de la base que en ambos equipos existe un umbral a partir del cual las vibraciones que sobrepasan este umbral son contabilizadas, pero existe un fondo continuo de agitación que no era detectado y que muchas veces es muy alto y cercano a tal umbral.

Para ello con los mismos detectores y con amplificadores independientes se registra sobre una faja de papel y con una computadora, los valores en milivoltios del respectivo fondo, a razón de una medición cada media hora. Tal medición no es afectada por el supresor de ruidos superficiales.

En la mayoría de los casos concuerda con la actividad microsísmica, expresada en unidades movidas y contabilizadas, pero no siempre lo hace.

Se ha observado que la señal mas característica precursora de sismos es un crujido, de solo uno o dos ciclos amortiguados de muy corta

duración e intensidad variable, que muchas veces precede a microsismos locales, en un lapso de tiempo del orden de uno a dos segundos. Este tipo se señaló precedió también a sismos profundos (Sgo del Estero) y a sismos cuyanos de los que se deduce que es de origen local, provocada por tensiones locales o por tensiones lejanas que producen movimientos en fallas locales.

Para realizar un pronóstico se toman en cuenta la graficación continua sobre una faja de papel de nueve curvas diferentes, que son:

- 1) Unidades movidas durante el día por el detector de micro-microsismos (controladas por supresor de ruidos superficiales)
- 2) unidades del mismo detector movidas de noche
- 3) fondo continuo de este equipo
- 4) fondo continuo sismógrafo convencional, (Componente n-s)

muy amplificado

- 5) fondo continuo faja e-w
- 6) fondo del supresor superficial
- 7) cantidad de crujidos registrados durante la últimas 24 horas (se los individualiza en la faja del graficador y se los considera elementos muy importantes como premonitores) diferenciándolos de los microsismos térmicos y otras causas de agitación.

8) Se grafican también sobre la faja mensual la cantidad de unidades movidas por el sismógrafo convencional con péndulo de 2 segundos/ciclo

8) Estas siete curvas se grafican sobre una faja mensual.

9) Se miden varias veces al día la presión atmosférica y la temperatura, valores útiles para indentificar anomalías meteorológicas locales, pero no se grafican para no sobrecargar el gráfico mensual.

Los valores diarios de cada curva se introducen en un programa de computación realizado en base a estos mismos datos. Por el comportamiento de los valores de los últimos siete días se evalúa el riesgo sísmico para los dos o tres días posteriores

Los primeros días del mes de agosto de 2000 apareció en el matutino local una noticia breve que transcribo textualmente.

" Esperan un sismo en el centro de Chile - Santiago de Chile - Expertos chilenos en sismología anunciaron ayer que se espera para los próximos días que un importante terremoto y maremoto afecte a la zona central de del país. Los poblados mas afectados según los expertos serán los costeros que no están preparados para movimientos de esa magnitud. También podría tener repercusiones en la costa peruana"-.

En Córdoba los promedios locales no indicaban nada extraordinario como sería el caso de un sismo realmente importante, posiblemente con hipocentro bajo el pacífico, para que afecte costas chilenas y peruanas, es decir un evento interplaca, con intensidad estimada por los daños previstos, del orden de grado ocho a nueve, en la escala de Richter.

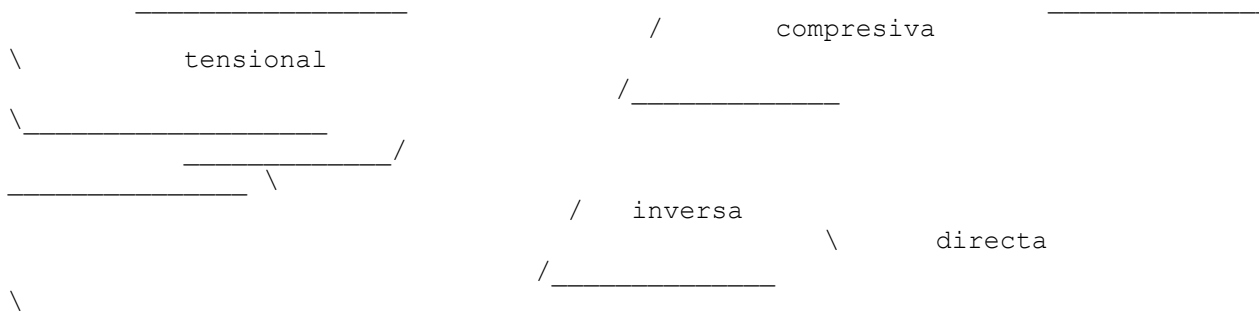
Para anticiparlo será de gran importancia el manejo de los signos premonitores a muy corto plazo.

Desde enero de 2000 a la fecha, octubre 22 de 2000, se registraron 18 sismos perceptibles en Córdoba, con un grado de intensidad en su hipocentro no mayor de 6.3 Richter (Norte de Chile el día 8 de enero). Casi todos pasaron desapercibidos por la población local, pero en todos los casos en los días anteriores se elevaron los promedios nocturnos y diurnos de recepción de crujidos y micro-microsismos. (los animales no modificaron su conducta habitual).

Los picos de agitación aumentaron desde enero a la fecha en mas de 22 ocasiones.

Se estima que de producirse un sismo importante, por ejemplo el pronosticado por los sismólogos chilenos, para producir los efectos anunciados, (maremotos en Chile y Perú), su intensidad sería del orden de grado nueve Richter, es decir unas MIL veces mas intensa que el máximo sismo producido desde que comenzó el conteo de eventos hasta la fecha.

acomodo violento de bloques de la corteza terrestre en lugares sometidos a presiones tectónicas, que producen fracturamientos en fallas activas o que se activan fallas antiguas. Las fuerzas actuantes pueden ser de dos tipos: compresivas o tensionales. Una fuerza compresiva da origen a sobreposición de capas (contracción de la corteza) y origina una falla inversa, mientras una fuerza tensional origina un estiramiento de la corteza y da lugar a una falla directa.



En consecuencia se infiere que se activarán por dilatación generalmente las fallas inversas en el verano, con el calor, y las fallas directas con el frío, por contracción de la roca.

La temperatura al dilatar superficialmente los bloques aumenta la compresión y acelera la ruptura en fallas inversas y alivia la tensión en fallas directas, lo inverso sucede con el frío que aumenta la tensión por la contracción térmica, acelerando la ruptura en fallas directas y aliviando la compresión en fallas inversas.

Carlyle dice en su libro "REVOLUCION FRANCESA": "La esperanza anuncia una revolución lo mismo que el buen tiempo precede a los terremotos". (el buen tiempo , despejado, facilita las altas temperaturas en verano y favorece la irradiación del calor en invierno).

Evidentemente puede suceder que se trate de una suposición descabellada pero lo menciono para hacer ver que antiguamente la observación de los hechos naturales se tenía muy en cuenta y surgían de ella las creencias populares; y ciertamente gran número de terremotos se han producido en días claros y apacibles (Del libro "La Tierra", autores varios.)

Dice Creixel en su libro, CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS: " Pero sí se ha notado que los temblores coinciden a veces con épocas de calor, con los fuertes cambios de temperatura, pues es lógico que en ellos la corteza de la tierra tiende a sufrir más movimientos".

Es muy importante también considerar que al incrementarse la temperatura de la atmósfera disminuye su densidad y por ende su presión sobre la superficie terrestre, si la presión es de 1 Kg/cm² (al niv. mar) y si disminuye un 5 %, la fuerza aplicada sobre un cm² disminuirá 50 gramos, sobre un metro cuadrado la fuerza disminuirá 500 kilogramos y disminuirá 5000 toneladas en una hectárea, o sea 500.000 ton. sobre un Km².

Considerando la gran superficie que puede llegar a tener un abombamiento de la corteza en una zona afectada por fuerzas tectónicas, la cantidad de toneladas de disminución o aumento de fuerza aplicada sobre la superficie del epicentro es sumamente importante, y considerando que la disminución de fuerza incrementa tal abombamiento de la superficie del terreno que está en condiciones de resistencia crítica en momentos previos a un sismo, es evidente la gran importancia de la presión atmosférica para fijar el momento de la ruptura.

Es posible que la temperatura, también por dilataciones y contracciones del basamento pueda producir microsismos, y estos hacer de detonantes de las tensiones tectónicas acumuladas a veces durante muchos años. Este concepto quiero remarcarlo pues es parte del resumen de lo que quiero sugerir en este trabajo.

Vamos a considerar lo primero, ¿puede la temperatura producir

microsismos?.

En Córdoba es evidente que si por el alto promedio de movimientos registrados en días con gran amplitud térmica y el bajo índice en días nublados .

Tazzieff, en su libro CUANDO LA TIERRA TIEMBLA, dice..." ya que parece cierto que la actividad solar no solo actúa sobre los microsismos...", es decir que él considera un hecho comprobado que la insolación produce microsismos.

Por otra parte los microsismos térmicos no son una suposición sino que como dije anteriormente han sido observados y registrados sobre la faja de papel del instrumento.

Debemos considerar asimismo que la roca tiene una mayor resistencia a la compresión que a la tracción, por lo mismo puede fracturarse mucho más fácilmente con los descensos rápidos de temperatura. Por ejemplo en enero, después de haber sido calentada por la insolación, al radiar su temperatura a la madrugada está muy expuesta a la fractura, y mucho más en noches despejadas.

Un sismo de este tipo sería muy superficial abarcando una región muy localizada, y este es el tipo de las abundantes sacudidas registradas en el valle de Punilla, por ejemplo.

La distribución horaria de los microsismos registrados los sitúa casi en su totalidad entre las 12 hs y las 17 (máxima dilatación) y entre las cero y tres horas (máxima irradiación).

Ahora bien, si estas observaciones fuesen acertadas los sismos registrados con anterioridad en nuestra Provincia deberían corresponder con las variaciones diurnas y estacionales de la temperatura.

A tal efecto he graficado un trabajo del Sr. Drazile, jefe del observatorio geofísico de Pilar, donde resume las fechas y horas de los sismos ocurridos en Córdoba entre los años 1961 a 1971. A pesar del escaso número de sismos considerados debería haber alguna relación entre ellos y la termodinámica.

Analicemos primeramente la gráfica de la distribución horaria, en la absisa se representan las 24 horas del día y en la ordenada cada sismo ocurrido a esa hora ocupa tantas unidades como su intensidad (Escala M.M.).

De la observación del gráfico surge la evidente influencia de la temperatura, los sismos no están agrupados al azar sino que se observa un marcado pico a la madrugada, disminuye casi a cero entre cuatro a cinco de la mañana y desde allí asciende hasta el mediodía donde tiene el máximo correspondiente a la dilatación térmica, desde allí desciende en forma despareja, por el escaso número de sismos considerados, hasta las 20 a 21 hs, a partir de aquí aumenta con altibajos hasta llegar al pico de la madrugada. Es de hacer notar que no puede pretenderse una completa regularidad en la forma de la curva, por el escaso número de sismos considerados y porque es la representación de fenómenos naturales aleatorios, no de una función matemática.

Los mismos sismos considerados en el gráfico anterior puede clasificarse para visualizar su distribución con respecto a los meses del año. Para ello la absisa está dividida en los doce meses y la ordenada como en el caso anterior responde al número e intensidad de los sismos registrados para cada mes.

De la observación del gráfico surge inmediatamente el paralelismo entre éste y el primero; por ejemplo existe un pico bien definido entre los meses de junio y julio, mínima temperatura; luego aumenta desde agosto a enero (excepto en noviembre); en enero tiene su máximo como era de esperar y desde enero baja nuevamente hasta un mínimo bien acusado en mayo, desde donde comienza el pico de la baja temperatura. Este pico es más intenso y más breve (como en el gráfico anterior) que el de la temperatura elevada.

Evidentemente el paralelismo entre la distribución de los sismos y la temperatura, tanto anual como diaria, no es casual. Tal vez pueda suponerse que el basamento profundo de nuestra Provincia es relativamente estable por lo que los sismos registrados en ella son someros y controlados en parte por la termodinámica, originando sismos superficiales, poco intensos y muy localizados pero que puedan llegar a ser peligrosos si se producen cerca de un centro poblado, como el de Sampacho en 1934, o el sismo con epicentro cercano a la ciudad de Córdoba en 1927 (grado siete).

Como dijera en un párrafo anterior los infrasonidos son contabilizados continuamente por el equipo receptor, pero no provienen exclusivamente de los sismos sino que los promedios en días despejados son más elevados que en días nublados mientras que los promedios nocturnos son muy bajos, en días normales.

Evidentemente esta agitación puede ser atribuida a los fenómenos de dilatación y contracción térmica que se producen en el basamento cristalino expuesto a la radiación solar.

Por ejemplo en un techo de chapa metálica al estar caliente por la radiación solar, si una nube oculta repentinamente el sol se escuchan fuertes crujidos metálicos por su enfriamiento repentino.

Pero la alteración de los promedios causada por los sismos es más regular y muy marcada, por ejemplo las lecturas del día anterior al sismo del 13 de agosto en Capilla del Monte llegaron a multiplicar casi por 10 los promedios mensuales, cabe mencionar ahora que fue ese el día más frío del año, una coincidencia que estimo que no es casual.

En consecuencia el total de las señales diarias recibidas por el detector debe corregirse por los efectos térmicos y barométricos LOCALES, que modifican los totales contabilizados, el clima local puede ser muy diferente al estado climático de la zona epicentral, y esto debe considerarse para tratar de aislar la actividad tectónica en zonas alejadas. Esta tarea se realiza con un programa de computación adecuado, ingresando los datos diarios. Los picos microsísmicos de origen meteorológico están vinculados generalmente a días de baja presión atmosférica, y esto permite aislarlos de la actividad tectónica. Los cambios climáticos alejados no afectan la actividad microsísmica local.

Todo lo expuesto nos puede inclinar a pensar que es muy posible que la termodinámica por cambios en la presión atmosférica y dilataciones o contracciones de las rocas origine microsismos y pequeños sismos.

Si actualmente se acepta que las explosiones nucleares o el llenado de represas pueden desencadenar sismos importantes, ¿porqué no suponer lo mismo de los microsismos térmicos?

En la publicación Scientific American, noviembre de 1978, pág. 56, los Geólogos Sieh y Agnew analizando informes periodísticos de la época del gran terremoto de California de 1857, hacen notar la existencia de numerosas sacudidas previas, (muy conveniente para prevenirlo) algunas muy intensas, en horas precedentes al terremoto principal, y dicen que esas sacudidas previas es posible desencadenaran el terremoto principal, luego escriben: "Un temblor en la sección móvil de la falla, cuya magnitud es la de una sacudida previa, desencadena un terremoto importante".

Resumiendo, estamos de acuerdo en que los efectos térmicos originan microsismos, estamos sabiendo que los pequeños movimientos sísmicos preliminares, o una explosión atómica, o el llenado de una represa, pueden desencadenar un sismo mayor. En consecuencia no es muy descabellado pensar que la termodinámica puede dar lugar a la cadena microsismo-sacudida menor-terremoto. (cuando cualquier estructura esta en equilibrio inestable, un movimiento mínimo puede producir su caída).

Luego, como en el caso anterior vamos a considerar en un gráfico adecuado la repartición de los grandes terremotos a escala mundial, con los grandes sismos argentinos y su distribución con respecto a las estaciones.

Estimo que la rotura de la corteza en un punto débil y sometido a fuerzas tectónicas, que da origen a un sismo puede ser comparada con la rotura de una probeta de hormigón en un ensayo a la compresión simple.

Primero si sometemos a la probeta a compresión creciente observaremos su deformación, fenómeno que se observa con inclinómetros en la corteza terrestre, cuando la compresión llega casi al límite de la rotura la probeta cruje y se rompe, en la corteza sucede lo mismo y esos crujidos presagian el sismo como lo saben los animales. Pero si la probeta se rompe con 12.348 kg. por ejemplo, a los 12.347 kg. no se rompe, pero si agregamos ese kilo que falta por otro medio, ahora sí se rompe. Ese kilo que falta puede ser proporcionado en la naturaleza por la compresión originada por la dilatación térmica o por cambios de presión atmosférica y los efectos de un microsismo térmico sobre una estructura al borde del colapso desencadenan el sismo.

Ese es el efecto que atribuyo a la temperatura, condicionar la fecha en que se desencadena el sismo, que por otra parte se produciría de todas

maneras al aumentar lentamente las fuerzas tectónicas.

Como dijéramos anteriormente al considerar los gráficos, si realmente la idea expuesta es correcta debe hallarse reflejada al clasificar los sismos y su distribución a lo largo de las estaciones del año. En esta oportunidad en la absisa se ubican los meses del año, por estaciones, para comparar grandes terremotos europeos y asiáticos, 63 sismos, los más importantes recordados desde tiempos históricos, recopilados en el libro "La Tierra Tiembla" de Tazieff y 37 grandes sismos extraídos del Boletín Técnico número 5 del IMPRES.

Logicamente se hacen corresponder los meses de enero y julio para el verano en ambos continentes y así vemos que la tendencia de los segmentos coincide en nueve de ellos al subir o bajar, en tres se mantiene y en ninguno se opone, es decir ambas curvas son muy similares. Vemos así que la distribución correspondiente a las estaciones es lo lógico.

Por otra parte si la distribución de los eventos sísmicos fuese totalmente independiente de la temperatura, no se agruparían en dos grandes grupos (Frio-Calor), sino que su distribución sería totalmente al azar

Por supuesto en este sentido podría realizarse un estudio mucho más profundo comparando los sismos de diferentes latitudes en ambos hemisferios y con un número mucho mayor de sismos considerado. (en esta oportunidad 100 en total).

Refiriéndonos a la distribución estacional de los sismos más importantes del siglo a nivel mundial (según Nueva 17/10/99 pag 27), observamos lo siguiente:

Epicentro	magnitud	fecha
Chile (otoño-invierno)	9.5	22/5/60
Alaska a 7 días del invierno)	9.2	28/3/64
Rusia (otoño - invierno)	9.0	4/11/52
Ecuador verano)	8.8	31/1/06
Alaska (a tres días del invierno)	8.8	09/3/57
Islas Kuriles (otoño invierno)	8.7	06/11/58

Con respecto a la distribución estacional de los sismos argentinos más importantes se registraron en las fechas siguientes: (de la revista Nueva, día 17/10/99 . pag 28.)

Por orden de magnitud

Epicentro	magnitud	fecha
San Juan (primavera-verano)	8.0 (MS)	27 octubre de 1894
Tierra del Fuego (a cuatro días del verano)	7.8 "	17 diciembre de 1949
San Juan (verano)	7.4 "	15 enero de 1944
San Juan (primavera-verano)	7.4	23 noviembre 1977
Mendoza 1927 (otoño-invierno)	7.1	14 abril de
San Juan 1952 (10 días al invierno)	7.0	11 junio de

Estos sismos estan relacionados con los máximos y minimos de temperatura, a pesar que son originados por el desplazamiento de la placa de Nazca sobre la sudamericana, pero pueden estar "gatillados" por microsismos y /o sismos menores de origen termico actuando sobre una estructura al borde del colapso.

Con respecto a la distribución estacional de los sismos en nuestra provincia ¿están estos sismos relacionados con la temperatura o son independientes de ella?

27 de marzo de 1877 sismo fuerte cercano a Cordoba (a seis dias del verano)

El 14 de diciembre de 1924, sismo cercano a Villa Dolores. (Siete días antes del verano).

El 24 de enero de 1927, en los molinos. (verano)

El 20 de junio de 1933, cerca de Cruz del Eje. (invierno)

El 10 y 11 de junio de 1934 en Sampacho. (invierno)

El 28 de octubre de 1921, cerca de nuestra ciudad. (primavera)

El 16 de enero de 1945, en Thea. (verano)

El 14 de agosto de 1978 en Capilla del monte (grado 3) (invierno)

Es importante recordar que las marcas termicas minimas y maximas no respetan los límites estrictos del calendario.

Muchos sismos de menor intensidad fueron registrados en Sampacho, siempre en invierno. Evidentemente los sismos provinciales también están relacionados con el calor y el frío.

En Córdoba las líneas orogénicas regionales están orientadas en forma norte-sur, son fallas inversas es decir compresionales, milonitizadas (Roca triturada), siempre de acuerdo a "Geología Regional Argentina", las fracturas transversales a las anteriores, es decir este-oeste, son producidas por tensión, presentan fractura abiertas y no están milonitizadas.

El temblor del 28 de octubre de 1921, del que no existe registro, puede estar relacionado con una falla inversa entre La Calera y Salsipuedes ya que esta falla se activó en tres oportunidades en el mes de octubre, entre los años 1961 a 1971, y tiene cierta lógica pensar que pudo ser ella la causante de este movimiento, también en octubre de 1921(grado 7 M.M. estimado).

El rumbo de esta falla también es norte-sur, lo mismo que la falla que originó el temblor de Thea en 1945. Es decir dos fallas compresivas que la mayor temperatura estacional y con ello el incremento de compresión poder haber iniciado el movimiento. Otro terremoto importante es el de Sampacho del 10 al 11 de junio de 1934. Este sismo fue originado por la reactivación de una fractura que debiera ser tensional, en este caso la baja temperatura estacional aumenta la contracción del basamento también la tensión sobre la falla.

El 23 de junio de 1978 se activó nuevamente esta falla originando un movimiento grados dos, siempre en época fría. En el presente año 2000 se produjo un pequeño sismo en Sampacho el día 25 de septiembre, esta fecha no es típica para la zona y fué precedido por una importante sucesión de microsismos, pero no de crujiidos de roca.

Resumiendo, el propósito de este trabajo es sugerir que los movimientos sísmicos pueden predecirse, al menos muchos de ellos, por la recepción de señales sónicas e infrasónicas muy amplificadas electrónica- mente,

mejor que con los trastornos en la conducta animal y puede usarse este metodo, que es economico y sencillo, junto con otros conocidos, para tratar de predecir el momento del sismo, y tambien el lugar cuando se disponga de una red de detectores, que indicarán donde se están acumulando las fuerzas tectonicas (lo mismo que se hace en grandes labores mineras).

Por otra parte como la deteccion y conteo de microsismos es un de indicador operacional, es decir que es un indicador a muy corto plazo (que se manifiesta a solo pocas horas antes del sismo) en consecuencia permite fijar la fecha del evento con mas precision que los otros metodos que solo indican que en un plazo muy amplio puede esperarse un sismo en determinada región.

Este trabajo quiere hacer notar tambien que los sismos, inclusive los tectónicos más importantes, tales como los de "Borde de placa", pueden estar "disparados" por microsismos y sismos menores, causados por influencias térmicas, de acuerdo a observaciones muy antiguas, razonamientos logicos, mediciones electrónicas y estadísticas de los valores obtenidos, corregidas por programas de computación adecuados..

Este tema no se finaliza aquí, sino que se piensa que tiene fundamentos para seguir estudiando los crujidos de la corteza previos a los sismos para poder mitigar los efectos de los temblores de tierra.

Geologo

Eduardo Pagola Cordoba , Argentina agosto de 2001

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

GEOLOGIA REGIONAL ARGENTINA

Academia Nacional de Ciencias

EARTHQUAKES PREDICTION

Tsuneji Rikitake Elsevier

Scientific 1976

DAMS AND EARTHQUAKES
B.K.Rastogi Elsevier Scientific 1976

Harsh K. Gupta

TERREMOTOS
especialistas varios 1980

UNESCO

EARTHQUAKES NOTES
autores varios

Octubre Diciembre 1978

PUBLICACIONES TECNICAS DEL INPRES

San Juan Argentina

BULLETIN OF THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

REVISTA NUEVA
Argentina octubre 1999

Numero 431 -

REVISTA MINERALES
-noviembre 1977

Chile - Octubre

MICHELSON LABORATORIES
California

TEST STATION, Pasadena

ELEMENTARY SEISMOLOGY

Charles F. Richter

CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS

Creixel Mejico