

SISMICIDAD HISTORICA Y EL TERREMOTO DEL 3 DE MARZO
EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

A. Eisenberg (*), D. Comte (*), M. Pardo (*), L. Ponce (1), S.K. Singh (1) y G. Suarez (1).

RESUMEN

El sismo del 3 de Marzo de 1985 en la zona central de Chile, se enmarca dentro de un ciclo de grandes terremotos que han afectado la zona desde 1575.

Si bien todos estos sismos han ocurrido a intervalos notablemente regulares, pareciera que el tamaño de ellos no es igual.

Esto último implica que las teorías de predicciones temporales no son totalmente aplicables a este sector y habría que buscar una teoría que explique esta anomalía.

Se compara además el sismo del 3 de Marzo con los anteriores y se analiza su implicancia en cuanto a futura sismicidad en la zona.

Diversas hipótesis son posibles, estas van desde un aumento de la sismicidad sobre todo al Sur de la zona afectada por el terremoto hasta una espera de la repetición del ciclo en alrededor de ochenta años mas.

(*) Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Casilla 2777, Santiago, Chile.

(1) Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), C.U., México 04510, D.F., México.

REPUBLICA DE CHILE - MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

BIBLIOTECA

CENTRO NACIONAL DE DOCUMENTACION
PROTECCION CIVIL

INTRODUCCION

Históricamente la región Central de Chile entre 32° y 35° de Latitud Sur ha experimentado una serie de terremotos de importancia con gran periodicidad en el tiempo.

Este hecho ha llamado la atención de numerosos científicos que han predicho eventos para esta zona tanto en tamaño (espacio) como en tiempo.

El presente trabajo resume críticamente la información histórica existente y analiza estas predicciones a la luz del sismo del 3 de Marzo de 1985.

Se adelantan finalmente varias hipótesis de lo que podría suceder en el futuro en base a las diversas teorías que existen sobre la repetibilidad de los sismos.

GRANDES SISMOS HISTORICOS

La zona central de Chile específicamente frente a Valparaíso, ha experimentado durante los últimos 5 siglos grandes terremotos que han sido estudiados a través de relatos históricos y en algunos casos mediante registros sismológicos en Chile y afuera.

Fundamentalmente se recuerdan los eventos de 1575, 1647, 1730, 1822 y 1906 que precedieron a los recientes de 1971 y 1985.

No incluimos en esta lista el sismo de magnitud $M_s=7.5$ de 1965 por tener características de profundidad y mecanismos distintos a los otros y los de 1973 y 1981 dada su magnitud menor.

El sismo de 1575, no es seguro que corresponda al mismo tipo que los mencionados ya que podría tratarse de un evento del tipo registrado el 28 de Marzo de 1965. Su magnitud estimada varía entre 7 y $7\frac{1}{2}$ y no se considera estadísticamente en este trabajo.

El terremoto de 1647 ha sido estudiado por diversos autores y Lomnitz (1970), lo llama Gran Terremoto de Santiago, dado que esta ciudad fue completamente destruida, incluso se describen grietas en la plaza de Armas, lo que sugiere intensidades mayores en Santiago que el de Marzo de 1985.

El hecho que también la zona de Quillota y Valparaíso fue destruida y con intensidades mayores insinúan que se trata de un sismo costero.

El evento de 1730, para algunos es el primer terremoto de Valparaíso y seguramente uno de los terremotos históricos mas grandes que han ocurrido, causó daño en La Serena y Coquimbo y tuvo un Tsunami de importancia, se le ha asignado una magnitud de $8\frac{3}{4}$ o mayor y un largo de falla de 550 km.

El sismo de 1822 también es de importancia y su magnitud se calculó en $8\frac{1}{2}$, fundamentalmente en base al tamaño del Tsunami provocado por él.

El tamaño de este sismo ha sido discutido y revisado recientemente en base a los antecedentes de María Graham y Montessus de Ballore y se estima menor que el de 1906 con una magnitud $M_s=8$. (Comte et. al, 1985)

El terremoto del 16 de Agosto de 1906 vástamente descrito en la época dada la enorme destrucción e incendio posterior se le ha asignado una magnitud 8.3 a 8.4. Esta parece ser la correcta, si se comparan registros de ese sismo con el de 1985 en la misma estación. Si bien, estas medidas deberán refinarse con el tiempo no cambiarán fundamentalmente la magnitud calculada para él.

Resumiendo, Valparaíso ha sido afectado por grandes sismos, cuyas características históricas e inferidas de largo de falla y magnitud se resumen en la Tabla 1.

TABLA 1

GRANDES SISMOS EN VALPARAISO

FECHA	MAGNITUD ESTIMADA	LARGO FALLA ESTIMADO KM	OBSERVACIONES
17 Marzo 1575	$7\frac{1}{2}$		Podría no ser costero
13 Mayo 1647	$8\frac{1}{2}$		
08 Julio 1739	$8\frac{3}{4}$	550	Podría ser mayor
19 Nov. 1822	8 a $8\frac{1}{2}$	200 - 250	Mag. probablemente menor
16 Agosto 1906	8.3 a 8.4	370	
03 Marzo 1985	7.8	190	

3.- REPETIBILIDAD

Si analizamos las cifras entregadas en el punto anterior, sin considerar el sismo del 3 de Marzo del 85, como una secuencia aleatoria obtenemos un promedio de repetición de 86 años con una desviación standard de ± 10 años. (2σ).

Dado que los promedios de tiempo de retorno, son distintos en las diferentes zonas de Chile, Nishenko (1985), calcula el valor medio de la distribución adimensional (T/T esperado) para todo Chile Central y Sur a fin de lograr un muestreo mayor.

En este caso la distribución promedio se obtiene de estimaciones mas bien determinísticas y se llega a que el valor de T esperado para la región central de Chile era de 79 años después del terremoto de 1906, valor que se cumplió exactamente. Es importante considerar eso si que los rangos de dispersión en estas estimaciones eran bastante grandes y que se usaban promedios globales de Chile para aplicarlos a una región específica.

El considerar los sismos como una secuencia con distribución normal, ha sido discutida por diversos autores y se han propuesto para estos otros criterios estadísticos (Nishenko 1985).

Una distribución de Weibull para la recurrencia de grandes terremotos parece mas adecuada que la distribución normal. En efecto la distribución de Weibull asume que la probabilidad de ocurrencia de un sismo, es pequeña inmediatamente después de ocurrido el evento y aumenta con el tiempo.

4.- PROYECCIONES DETERMINISTICAS

Otra forma de calcular los valores de repetibilidad de los eventos sísmicos, es la de usar consideraciones de orden determinístico, para ello se consideran varios parámetros sismotectónicos:

- 1.- Tamaño del sismo estimando el momento y dislocación en cada evento.
- 2.- Velocidad de movimiento relativo entre las placas y proporción de este movimiento que se rompe sísmicamente.
- 3.- Mecanismo de repetición predecible, este puede ser del tipo "predecible en el tiempo", o "predecible en dislocación"

3.1. Modelo de predicción temporal.

Este modelo presupone que el tiempo de repetición es proporcional al tamaño (o dislocación del evento previo). Este esquema se muestra en la figura 1 que indica un evento cada vez que la tensión llega a un valor máximo para la ruptura.

Si el evento anterior es pequeño, la recuperación de tensión liberada es rápida y vuelve a repetirse el sismo.

3.2. Modelo predecible en dislocación.

En el modelo predecible en dislocación, mientras mas sea el tiempo sin eventos, mayor será este. Al igual que en el caso anterior no es posible pasar la tensión de ruptura, sin embargo se generan tensiones de corte menores a la ruptura. (Fig. 2)

En el caso de la zona central de Chile y tomando valores históricos de sollevamiento en los grandes terremotos de 1822 y 1906, Nishenko (1985) estimó que usando el modelo de predicción temporal el evento próximo al de 1906 debía haber ocurrido a mediados de 1960.

Creemos que esta extrapolación no era buena fundamentalmente por el hecho de comparar solo dos sismos de los cuales el de 1822 Nishenko lo asume mayor al de 1906.

Para el modelo de predicción por dislocación, sugiere un sismo mayor que el ocurrido. Esto último también producto de considerar solo dos eventos bastante distintos entre sí.

5.- EL SISMO DEL 3 DE MARZO DE 1985

Este sismo cubrió un área de $90 \times 190 \text{ km}^2$ en sus réplicas (Fig.3) y por lo tanto es menor que los sismos descritos en las secuencias anteriores.

Mas aún, el momento sísmico estimado para el sismo del año 1906 es del orden de 6×10^{28} dynas-cm (Comte al 1985) y el calculado para el sismo del 3 de Marzo de 1985 es de 1.15×10^{28} dynas-cm (Kanamori 1985). Si agregamos a este sismo el de Julio de 1971 con magnitud $M_s=7.5$ y momento 0.56×10^{28} dynas-cm aún estamos frente a un sismo menor que el de 1906.

El mecanismo focal y la ubicación de las réplicas lo definen además como un evento interplaca bastante superficial (Fig.3) lo que afirma que este sismo es de naturaleza similar a los anteriores.

6.- DISCUSION

La zona Central de Chile ha experimentado una secuencia de sismos, cuya periodicidad temporal es notable y que ha llevado a numerosos investigadores a predecir la ocurrencia de sismos en ella.

Los mecanismos determinísticos para predicción suponen un sistema de definición temporal o definición según la dislocación de los eventos. Sin embargo, esta teoría no es consecuente con esta secuencia ya que la periodicidad observada no se compadece con tamaños distintos para cada evento (Comte et al 1985).

Si analizamos la Fig. 4 tomada de Comte et al, se ve que los sismos de 1730 y 1906 son mayores que el de 1822 y 1985 pero separados por tiempos similares entre si. Por otro lado Nishenko (1985) obvia esta situación asumiendo rupturas similares en todos los eventos lo que se contradice con los datos históricos.

Una posible explicación para esta discrepancia podría estar en un valor del desplazamiento asociado a terremotos versus desplazamiento sin sismos (creep) variable en el tiempo. Este efecto sería estimable si se hicieran nivelaciones a intervalos regulares para verificar levantamientos de la corteza no asociados a sismicidad.

Otra explicación posible estaría en movimiento con velocidad variable de la placa de Nazca con respecto a la placa Sud-Americana, esta hipótesis, es difícil de demostrar y no parece muy probable.

7.- SECUENCIA POST SISMO

El hecho que el último sismo fue menor que la secuencia anterior permite especular con diversos escenarios futuros.

- 1.- Si efectivamente se asume que todos los sismos de esta secuencia debieran ser parecidos y basados en los datos históricos relativamente nuevos del sismo de 1906, vemos que aún hay una

brecha sísmica entre los paralelos $30^{\circ}5^4$ y $30^{\circ}3^5$ Sur, zona por lo demás que ha tenido una actividad notablemente baja estos últimos decenios y que podría romperse.

Esta teoría es consiguiente con la hipótesis que los sismos costeros de Chile Central de 1971 ($M_s=7.5$), 1973 ($M_s=6.3$) y la secuencia del 3 de Marzo de 1985 serían parte de un solo evento que cubriría parte del de Agosto de 1906.

Este fenómeno ha sido observado en Colombia (Kanamori y McNally 1982 y Mendoza y Dewey 1984).

- 2.- Otro escenario posible es que este sismo rompió la regularidad observada hasta ahora y que en el momento que se recupere la energía liberada (20 a 30 años) se llegue al sismo mayor esperado.
- 3.- Una tercera hipótesis, es que si bien los sismos en la zona central son regulares en el tiempo no son similares en tamaño, en cuyo caso podríamos esperar tranquilos los próximos 86 años.

BIBLIOGRAFIA

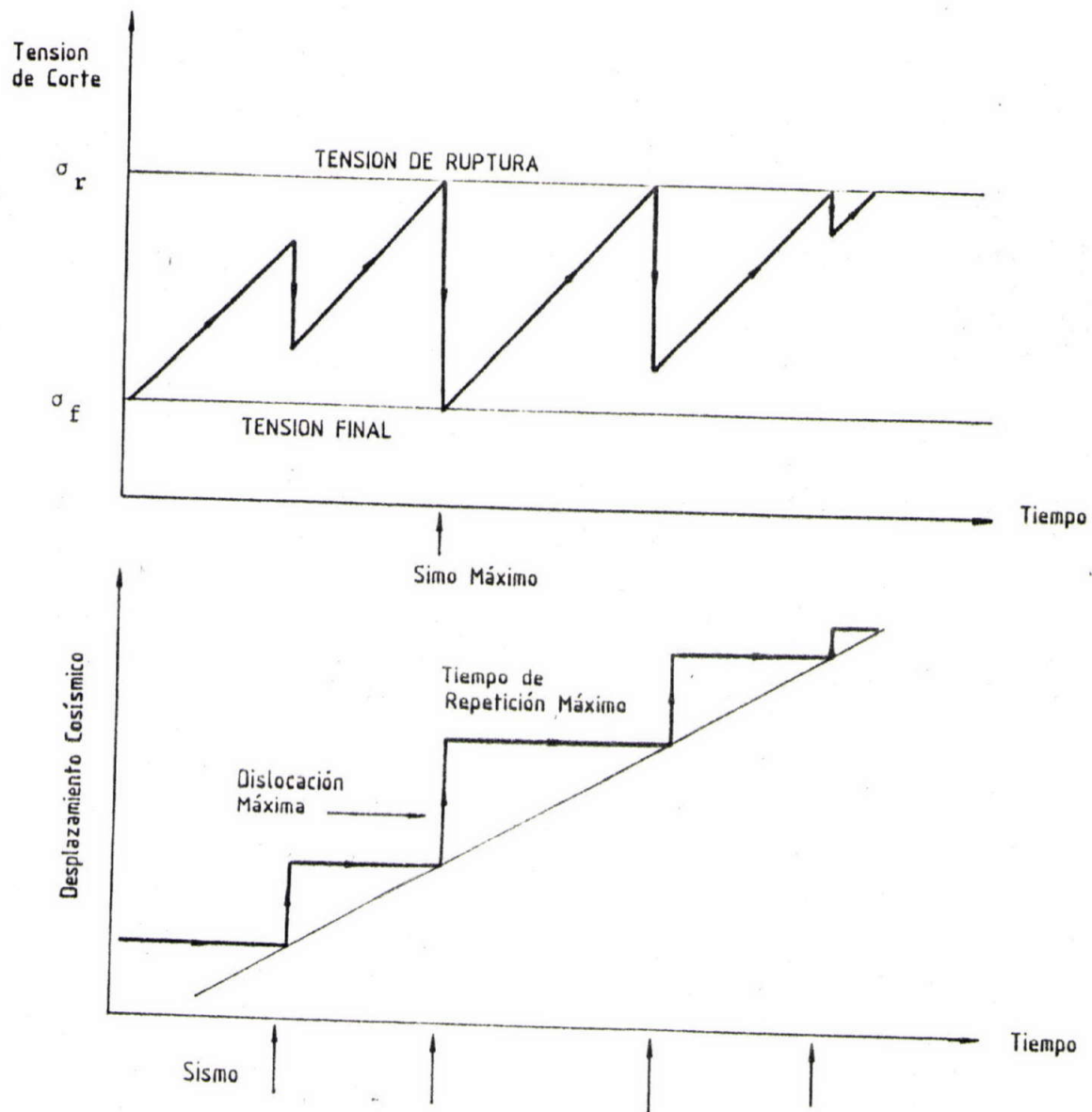
D. Comte et al. "The Central Chile Earthquake of 3 March 1985. A repeat of Previous Great Earthquakes in the Region?"

Lomnitz C. "Major Earthquakes and Tsunamis in Chile during the period 1535 to 1953, Geol. Rundschau, 59, 938-960, 1970.

Kanamori H. y K. Mc Nelly, "Variable Rupture Mode of the subduction zona along the Ecuador Colombia Loast", Bull Seism. Soc. Of Am. 72, pp 1241-1253, 1983.

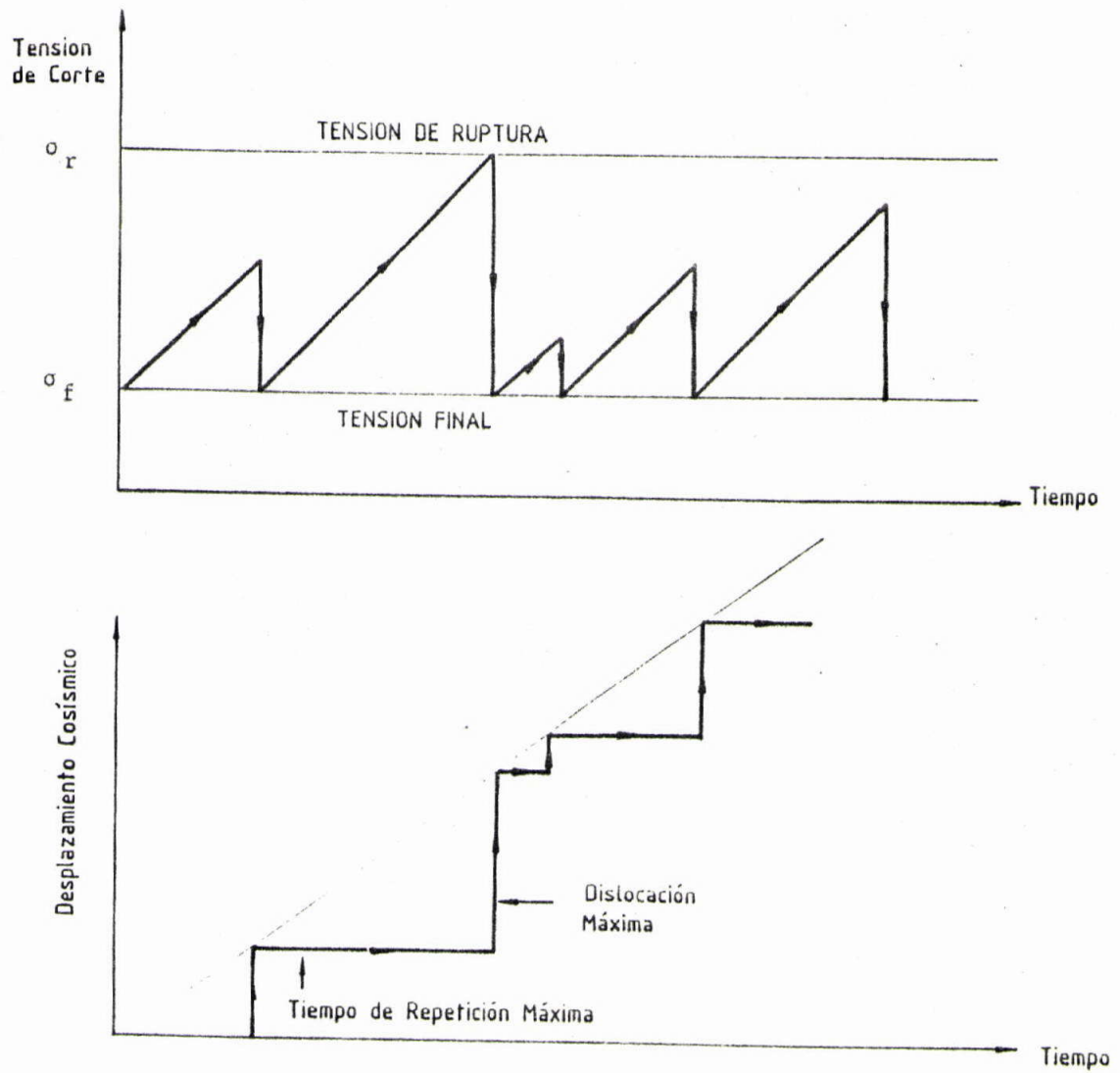
Mendoza, C. and J. Dewey "Seismicity associated with the great Colombia-Ecuador earthquakes of 1942, 1958 and 1979. Implications for Barrier models of earthquake rupture", Bull of the Siesmol. Soc. of Am. 74, 577-593, 1984.

Nishenko S.P. "Seismic Potential for Large and great interplate Earthquakes Along the Chilean and Southern Peruvian Margins of South America: A Quatitative Reapraisd" Journal of Geoph Reseach, 90, N°B5, pp 3587-3615, 1985.



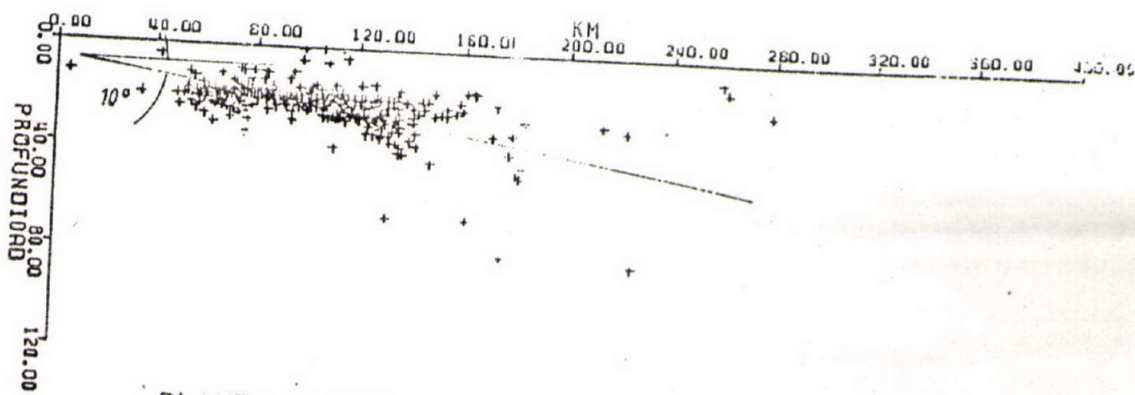
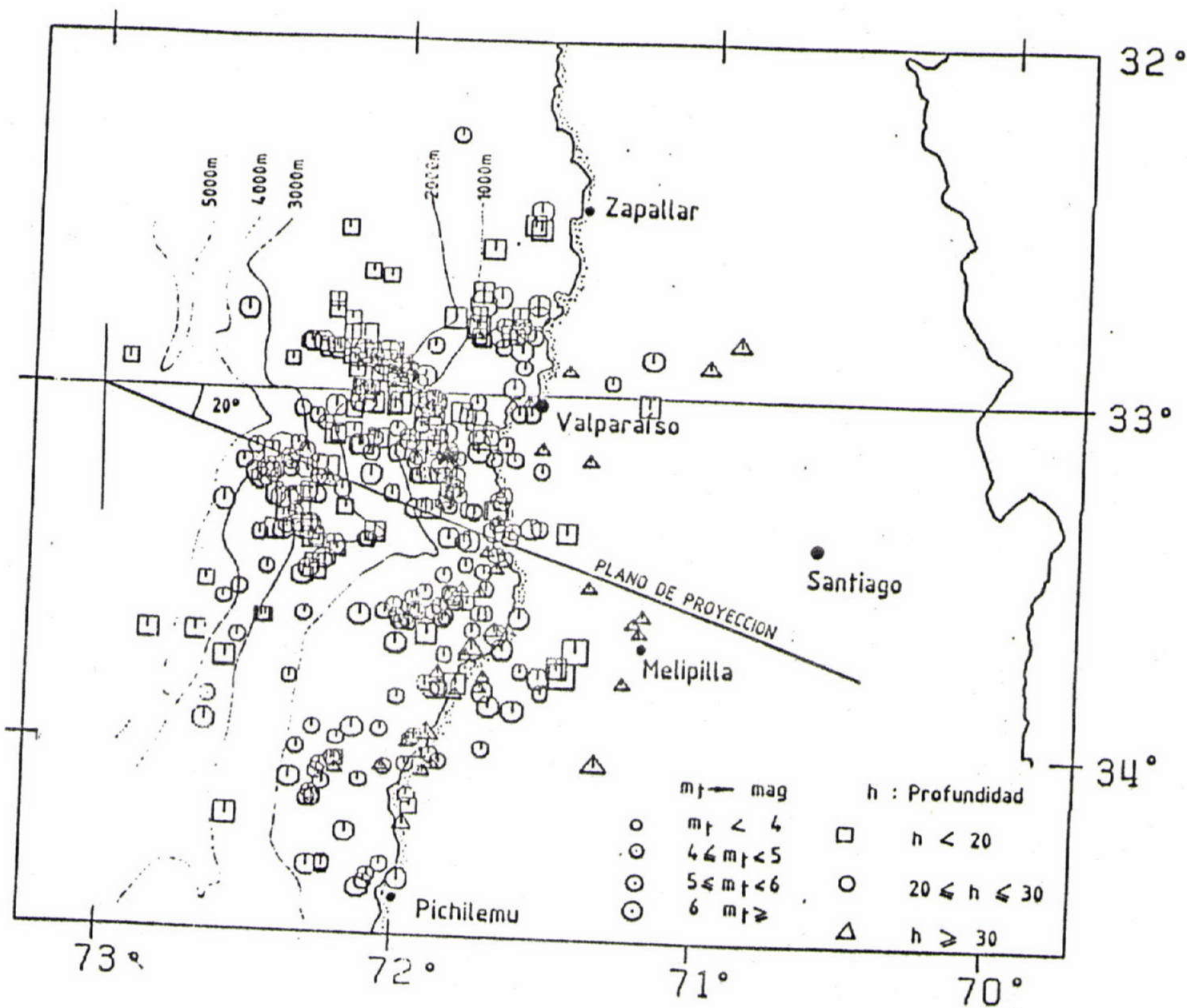
MODELO DE PREDICCIÓN TEMPORAL
 TIEMPO DE PREDICCIÓN ES PROPORCIONAL A DESPLAZAMIENTO
 DE SISMO ANTERIOR (Predice Tiempo)

FIG. 1



MODELO DE PREDICCIÓN POR DISLOCACION
 TIEMPO DE REPETICION DEPENDE DE DISLOCACION DE
 EVENTO FUTURO (Predice tamaño del sismo)

FIG. 2



PLANTA Y CORTE EN SISMO PRINCIPAL Y REPLICAS

FIG. 3

SISMICIDAD HISTORICA Y
EL TERREMOTO DEL 03
DE MARZO EN LA ZONA
CENTRAL DE CHILE



DATE	ISSUED TO

SISMICIDAD HISTORICA Y
EL TERREMOTO DE 03 DE
MARZO EN LA ZONA CENTRAL
DE CHILE