



## MICROSISMICIDAD EN LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE

López, G.<sup>1</sup>, Hatzfeld, D.<sup>2</sup>, Madariaga, R.<sup>3</sup>, Barrientos, S.<sup>4</sup>, Campos, J.<sup>4</sup>,  
Lyon-Caen, H.<sup>3</sup>, Zollo, A.<sup>5</sup>, Giannacone, G.<sup>5</sup> y Kausel, E.<sup>4</sup>

### INTRODUCCIÓN

La zona centro-sur de Chile ha sufrido una serie de terremotos en el pasado con intervalos de recurrencia del orden de 90 años, según el registro histórico (1). El segmento entre los 36°S y 37.5°S registra 3 grandes eventos ocurridos en 1657, 1751 y 1835 (2), todos ellos asociados a grandes tsunamis, lo que junto a los patrones de intensidades observados, sugieren que corresponden a sismos de tipo fallamiento inverso (thrust). Los últimos eventos en esta secuencia histórica corresponden a los terremotos de 1928 y 1939 de los que se conocen solo características macrosísmicas, magnitudes y localizaciones hipocentrales aproximadas. El terremoto de Talca (M=8) ocurrido en 1928 destruyó las ciudades costeras entre Constitución por el sur hasta Pichilemu en el extremo norte, causando además un importante daño en las localidades del interior. Este evento fue de carácter inverso, las réplicas y altas intensidades hacia el sur del epicentro (1) sugieren que la zona de ruptura comprendió desde los 34°S hasta los 35.5°S. Por otra parte, el terremoto de Chillán en 1939 (M=8.3) ha sido el evento más devastador ocurrido en el sur del país. Causó 28000 pérdidas en vidas humanas, además de daño y destrucción concentrados principalmente en las ciudades de Chillán, Parral y Cauquenes(3). Corresponde a un evento de carácter tensional y profundidad intermedia que habría ocurrido bajo la depresión central y al interior de la placa de Nazca (36.3°S, 72.6°W, h=60km)(4, 5) y que se ubica inmediatamente al norte de la zona de ruptura del gran terremoto de 1960. Por lo tanto, el área entre Constitución y Concepción constituye una brecha sísmica en la que no ha ocurrido un gran evento (M>8) hace más de 160 años y donde muy poco se conoce sobre la sismicidad de menor magnitud o de la geometría de la placa que subducta, debido principalmente a la falta de estaciones sismológicas que cubran adecuadamente esta región. Por ello hemos iniciado un proyecto de colaboración entre la Comunidad Europea y Chile, que consistió en su primera etapa, en el estudio de la microsismicidad entre las ciudades de Constitución y Concepción, con el fin de determinar la naturaleza y geometría de la sismicidad de la región. Simultáneamente hemos establecido una red de mediciones geodésicas con el fin de determinar posibles deformaciones en la corteza.

### DATOS

En el otoño de 1996, se instaló entre los 35°S y 37°S, una red sismológica temporal formada por 25 estaciones portátiles, consistente en 19 estaciones de una componente TAD con sismómetro

<sup>1</sup> Depto. de Geología, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago, CHILE

<sup>2</sup> Laboratoire de Geophysique Interne et Tectonophysique de Grenoble, FRANCE

<sup>3</sup> Institut de Physique du Globe de Paris, FRANCE

<sup>4</sup> Depto. de Geofísica, Universidad de Chile, Casilla 2777, Santiago, CHILE

<sup>5</sup> Dipartimento de Geofisica Vulcanologia, Università di Napoli, ITALIA

de componente vertical y 6 estaciones REFTEK con sismómetro de 3 componentes (figura 1), todos ellos de período centrado en 2 hz. Las estaciones se distribuyeron homogéneamente entre la costa y la cordillera. Los instrumentos funcionaron con una autonomía de 4 días según las condiciones sísmicas del área, registrando la microsismicidad local por un período de 2 meses. Entre el 20 de Marzo y el 20 de Mayo, se registraron 389 eventos, detectados en 4 o más estaciones. Los sismos fueron localizados utilizando el programa HYPO71(6) con una estructura de 2 capas planas sobre un semiespacio. Posteriormente, se seleccionaron 88 eventos con las mejores localizaciones hipocentrales con el fin de usarlos en la determinación de un modelo de estructura de velocidades local. El método de búsqueda de aquel modelo que se ajustara a los datos obtenidos, consistió en la minimización de los errores standard de las determinaciones hipocentrales de los eventos en función de la velocidad de onda P y profundidad de las las capas planas que definen la estructura de velocidades, utilizando para ello, el mismo programa computacional de localización. La estructura de velocidades local obtenida se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Modelo de estructura de velocidades

Velocidad P [km/s]	Profundidad [km]
6.2	15
7.0	45
7.9	semiespacio

Finalmente, se relocalizaron todos los eventos registrados con el modelo antes descrito. Se seleccionaron 262 eventos que poseen un error standard menor a 0.4s y errores de distancias epicentrales y de profundidad menores a 10 km (figura 1). En forma adicional, se corrigieron las determinaciones hipocentrales por elevación de las estaciones.

Preliminarmente, se determinó la polaridad de los primeros movimientos de onda P para 31 eventos, los que entregan mecanismos focales de tipo inverso y normal a profundidades intermedias (60-120km).

## RESULTADOS

La distribución espacial de la sismicidad, dada por los eventos mejor localizados, muestra que gran parte de los sismos ocurrieron en la zona de subducción (zona de Wadati-Benioff), definiendo por primera vez la geometría de la placa de Nazca en esta región (figura 1, panel inferior). La sismicidad intermedia (60-120 km), correspondiente a la profundidad propuesta para el terremoto de 1939, es más abundante y se concentra principalmente entre los 35.5°S y 36.2°S (desde SE de Talca hasta 30-40 km al S de Linares). La actividad más profunda es más escasa, desapareciendo a los 170 km. La sismicidad más somera (10-60 km), es menos abundante que la intermedia y muestra aproximadamente la geometría del contacto interplaca. La sismicidad cortical es escasa, se ubica aislada bajo el extremo oeste de la depresión central y, aislada o en cúmulos bajo la Cordillera de los Andes (<15 km de profundidad), uno de los cuales se ubica bajo el volcán Chillán.

El ángulo de subducción medido desde la fosa es de 20°, y aumenta a 40° a partir de los 60 km de profundidad. La pendiente de la placa se presenta sin variación a lo largo de toda la zona.

El modelo de estructura de velocidades (tabla 1) entrega el espesor estimado de la corteza (45 km) y muestra las variaciones verticales dentro de ella para la propagación de ondas internas; en él se

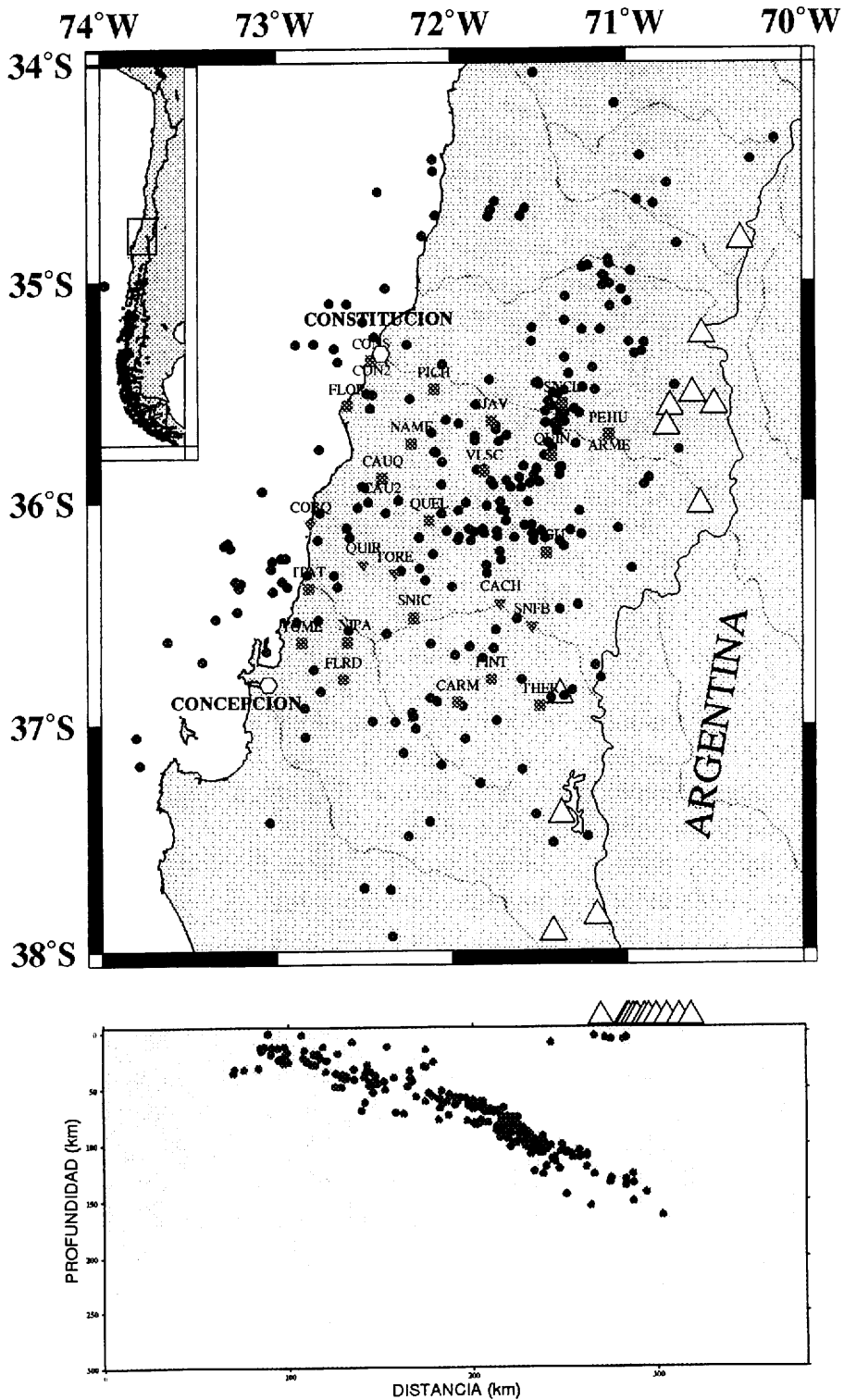


Figura 1: Mapa y perfil general con la distribución de la microsismicidad en la zona centro-sur de Chile. Los sismos se representan con círculos negros. Las ubicaciones de las estaciones sismológicas se indican con cuadros y triángulos invertidos grises. Los triángulos blancos corresponden a los volcanes cuaternarios. El perfil es normal a línea de costa y su origen está en la fosa (35.5S, 74W). En él se observa la geometría de la placa que subducta y el quiebre de pendiente a los 60 km de profundidad.

diferencia una zona superior de 15 km de espesor de una corteza inferior (mayor velocidad) de 30 km de espesor.

El análisis preliminar de los mecanismos focales obtenidos muestra un sismo compresional de bajo ángulo a 30 km de profundidad en la zona de subducción, y sismos compresionales y tensionales entre los 60 y 120 km de profundidad en el interior de la placa de Nazca.

## CONCLUSIONES

El estudio de microsismicidad en la zona centro sur de Chile (35-37°S) es el primero que se realiza en la región, siendo su primer y más relevante resultado la definición exacta de la geometría de la placa que subducta.

La sismicidad se concentra principalmente a profundidades intermedias, siendo mayor bajo la depresión central entre los 35° y 36.2°S (entre Talca y sur de Linares). La sismicidad más somera, menos abundante que la intermedia, define la geometría del contacto interplaca y se distribuye homogéneamente a lo largo de la región. La actividad más profunda se extiende hasta los 170 km donde desaparece completamente. La sismicidad en la corteza continental es escasa y se localiza bajo la Cordillera de los Andes y bajo el extremo oeste de la depresión central.

La geometría de la subducción presenta un quiebre (aumento) en su pendiente a los 60 km de profundidad, coincidiendo con la profundidad a partir de la cual la actividad sísmica es más abundante y donde la placa oceánica se encuentra desacoplada de la placa continental. La geometría no presenta variaciones de pendiente a lo largo de la región.

Las variaciones verticales en la velocidad de propagación de ondas internas, permiten diferenciar una zona superior de 15 km sobre una corteza inferior de 30 km de espesor.

La determinación de heterogeneidades laterales en la corteza permitirá precisar la distribución de la sismicidad y de los esfuerzos en la zona de acoplamiento interplaca y al interior de las placas oceánica y continental. Además se incluirán las lecturas de aquellos sismos que hayan sido registrados por la red sísmológica de Chile central. La información adicional aportará mayor conocimiento sobre la naturaleza de la sismicidad y estructura de velocidades en profundidad; además entregará mayor precisión a las localizaciones hipocentrales ubicadas en el extremo norte de la región, ya que mejorará la cobertura azimutal de los eventos que la red local no logró cubrir adecuadamente.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado por la Comunidad Económica Europea, proyecto CII\*-CT94-0109 (DG 12 HSMU).

## REFERENCIAS

1. Greve, F. (1964) Historia de la Sismología en Chile. Publicación del Instituto de Geofísica y Sismología, Universidad de Chile, Santiago.
2. Lomnitz, C. (1971) Major earthquakes and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1953. *Geolog Rundshan*, 59, pág. 938-960.
3. Urrutia, R. y Lanza, C. (1993) Catástrofes en Chile, 1541-1992, Edit. La Noria, Santiago, Chile.
4. Campos, J. y Kausel, E. (1990) The large 1939 intraplate earthquake of southern Chile. *Seismological Research Letters*, 61, pág. 43.
5. Beck, S. (1993) The 1928 and 1939 subduction zone earthquakes along the coast of southern Chile. *Seismological Research Letters*, 64, pág. 13.
6. Lee, W.H.K and Lahr, K.C. (1975) HYPO71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. U.S. Geol. Surv., Open-File Rep., pág. 75-311.