



## NEOTECTONICA TRANSPRESIVA DEXTRAL Y VOLCANISMO FALLA LIQUIÑE-OFQUI, SUR DE CHILE

ALAIN LAVENU<sup>\*\*\*</sup>, JOSE CEMBRANO<sup>\*\*</sup>, GLORIA ARANCIBIA<sup>\*\*</sup>,  
BERNARD DERUELLE<sup>\*\*\*</sup>, LEOPOLDO LOPEZ-ESCOBAR<sup>\*\*\*\*</sup>, HUGO MORENO<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### INTRODUCCION

Fallas de intra-arco corresponden a zonas de cizalle a escala cortical dentro de arcos magmáticos relacionados a una corteza debilitada por calentamiento <sup>1, 2</sup>. Estos sistemas de fallas permiten determinar cómo se descompone el vector de convergencia en márgenes convergentes oblicuas <sup>3</sup>. En el sur de Chile, la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO) está caracterizada por un conjunto de lineamientos de fallas y zonas de cizalle ductil de dirección NNE. Se ubica a lo largo de arcos magmáticos Mio-Plioceno y Cuaternario, desde el punto triple entre las placas Nazca, Sudamérica y Antártica hasta 1000 km más al norte. Su geometría a escala regional se caracteriza esencialmente por dos segmentos principales NNE que delimitan un conjunto de lineamientos NE *en échelon* <sup>7</sup>. Los edificios volcánicos poligenéticos y monogenéticos del arco magmático actual se distribuyen según lineamientos formando una red regular con una dirección principal paralela a la ZFLO y alineamientos menores oblicuos a esta dirección. El estudio de la microfracturación de las rocas ligada a una tectónica cuaternaria permite determinar el régimen de esfuerzo tectónico. Las estructuras desarrolladas o reactivadas durante la aplicación de esos esfuerzos se relacionan espacial y cinemáticamente con la actividad magmática <sup>4</sup>.

En este trabajo se presentan nuevos antecedentes de terreno acerca del estado de stress plio-cuaternario en los Andes del sur y se discute y precisa modelos especulativos de tectónica y volcanismo propuestos previamente <sup>5, 6</sup>.

### ANALISIS CINEMATICO Y RESULTADOS TECTONICOS

Un análisis de la geometría y cinemática de fallas mesoscópicas en rocas miocenas a cuaternarias a lo largo de la ZFLO permitió mostrar que existen dos períodos tectónicos durante los cuales el esfuerzo principal compresivo horizontal ( $\sigma_{Hmax}$ )  $\sigma_1$  pasa sucesivamente de E-W/ENE-WSW (entre 11 Ma y 3.5 Ma) a NNE-SSW (a partir de 3.5 Ma) <sup>8</sup>. El análisis de 8 sitios de medidas a lo largo de la ZFLO en rocas plutónicas y volcanoclásticas miocénicas a plio-cuaternarias muestra un

\*- ORSTOM casilla 53390, correo central, Santiago 1, Chile. e-mail: alavenu@dgf.uchile.cl

\*\* - Departamento de Geología, Universidad de Chile, casilla 13518, correo 21, Santiago, Chile.

\*\*\* - Laboratoire de Magmatologie, Université P. et M. Curie, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05 France

\*\*\*\* - Instituto GEA, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

\*\*\*\*\* - SERNAGEOMIN, Avda. Santa María 0104, Santiago, Chile.



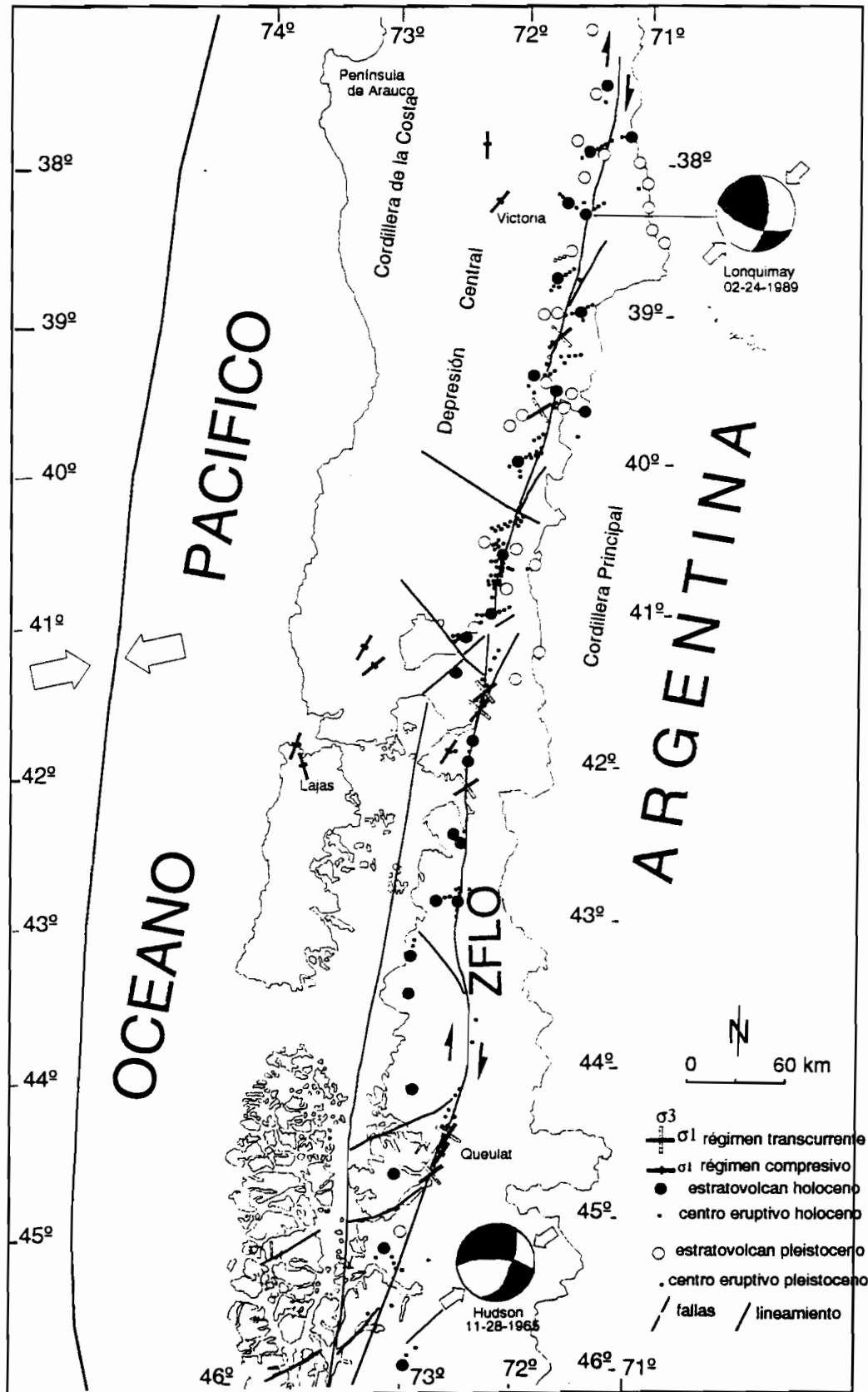


Figura 1. Orientación del esfuerzo compresivo horizontal máximo Cuaternario.

acortamiento de dirección promedio N45°E (entre N32°E y N56°E). Esas fallas (salvo en Queulat) son compatibles con un régimen de esfuerzo transcurrente transpresivo dextral ( $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  horizontales).

Si bien, en la zona de ante-arco la dirección de  $\sigma_1$  durante el Mio-Plioceno es aproximadamente la misma (E-W/ENE-WSW) (entre 9.8 Ma y 2.7 Ma), durante el Cuaternario (post 2.7 Ma) la dirección de  $\sigma_1$  se acerca a N-S/NNE-SSW. El estudio de 10 sitios de medidas de planos de fallas con sus respectivas estrías en los sedimentos pleistocenos de la Depresión Central muestra un acortamiento en compresión de dirección promedio N°10E (entre N348°E y N 50°E). Dos sitios con pocas estrías indican un acortamiento N40°E (Victoria) y N163°E (Lajas). Todas estas fallas son compatibles con un régimen de esfuerzo en compresión ( $\sigma_1$  horizontal,  $\sigma_3$  vertical).

### INTERPRETACION-CONCLUSION

En la zona de intraarco (fig. 1), el régimen de esfuerzo es transcurrente y transpresivo NE-SW oblicuo a la dirección general del arco magmático (NNE). El análisis tectónico de grandes y micro estructuras cuaternarias como la alineación de edificios volcanicos pleistocenos y holocenos (estratovolcanes, conos piroclásticos, conos menores) que corresponden a estructuras tectónicas de 1° y 2° orden, muestra que se relacionan directamente con la dirección de los vectores esfuerzos  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  como había sido sugerido en trabajo previo <sup>6</sup>.

En efecto, si se comparan las estructuras medidas en el terreno y un modelo complejo teórico de fallas y fracturas de tensión en zona de cizalle se comprueba una coincidencia de direcciones muy significativas (fig. 2). La anisotropía introducida en la corteza continental por la ZFLO de dirección

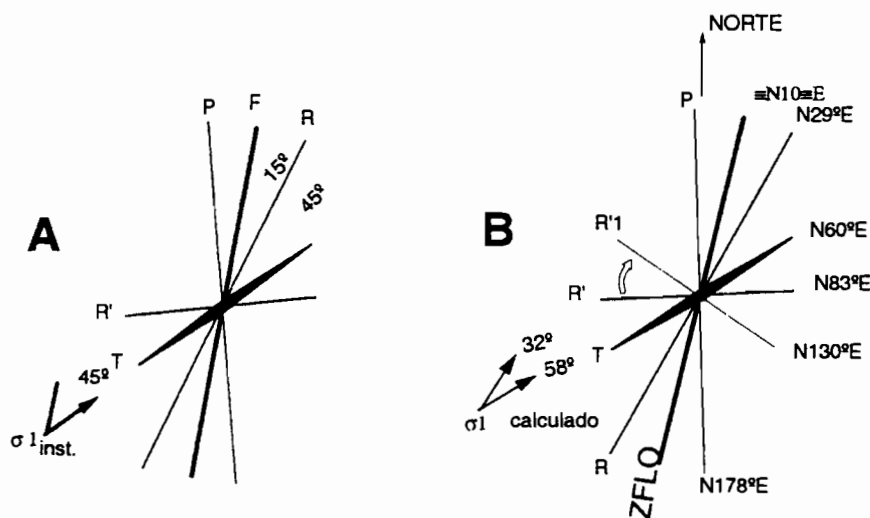


Figura 2. Estructuras de 1° y 2° orden en zona de cizalle. A teóricas, B en la Z

~N10°E tiene como efecto modificar localmente la distribución de los esfuerzos por rotación cerca de la zona de cizalle. Aunque la dirección de  $\sigma_1$  es N-S/NNE-SSW en el antearco, en la ZFLO pasa a NE-SW formando un ángulo de ~35° con respecto a la falla. En un modelo de Riedel, las primeras estructuras que aparecen en compresión (cizalle) son las fallas R y R'. Esas estructuras se desarrollan cuando la componente  $\sigma_n$ , perpendicular al plano de falla, es debil. En los Andes del sur, esos segmentos transcurrentes son poco numerosos. Sin embargo se pueden observar unas fallas

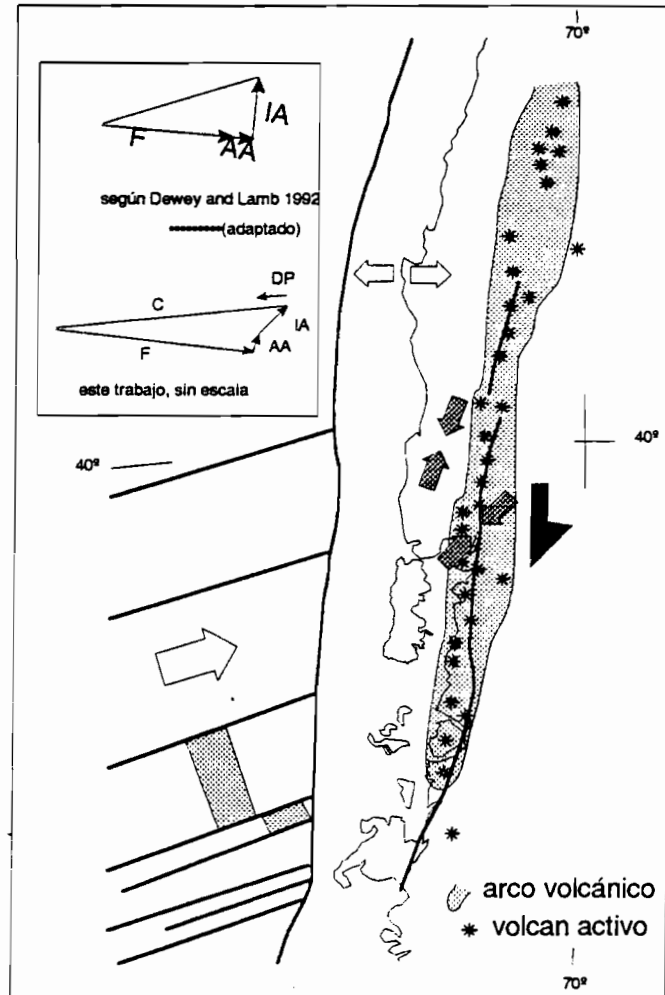


Figura 3. Repartición de las diferentes zonas de deformación y partición de la deformación. F: zona de la fosa, AA: antearco, IA: intraarco, DP: deformación postsísmica, C: convergencia.

secundarias de tipo R de dirección promedio  $N29^{\circ}E$  ( $N28^{\circ}$  en teoría). Posteriormente a esas estructuras durante la dilatación del sistema de cizalle pueden aparecer estructuras de tipo P y T. Esta situación predomina en las fallas profundas y/o cuando  $\sigma_1$  forma un ángulo grande con respecto a la falla. Las estructuras P tienen una dirección muy cercana a la falla principal y podrían corresponder a dos alineaciones de estratovolcanes, una al norte cerca de  $38^{\circ}$  lat. S y de dirección  $N168^{\circ}E$ , otra al centro cerca de  $40^{\circ}$  lat. S y de dirección  $N172^{\circ}E$  ( $N178^{\circ}$  en teoría). Las estructuras mejor representadas son las fracturas de tensión T (en teoría  $N56^{\circ}$ ) y que corresponden, a lo largo de la ZFLO, a algunas escasas y poco significativas alineaciones de estratovolcanes ( $N50^{\circ}E$ ) o esencialmente a numerosas alineaciones de conos parásitos de estratovolcanes y centros eruptivos menores (entre  $N53$  y  $N76^{\circ}E$  con promedio  $N60^{\circ}E$ ). Existe una familia de segmentos de falla de dirección  $N130^{\circ}E$  (entre  $N121^{\circ}E$  y  $N142^{\circ}E$ ) que podría corresponder a segmentos  $R'$  (en teoría  $N115^{\circ}E$ ) que habrían sufrido una rotación interna en la faja de cizalle.

La zona de falla principal está marcada por volcanes alineados tanto estratovolcanes como centros secundarios. Dos sismos, a ambas extremidades de la zona de falla<sup>9 10</sup> son compatibles con un acortamiento NE-SW en falla de rumbo.

En la zona de ante arco (fig. 1), el régimen de esfuerzo es compresivo y N-S a NE-SW desarrollando fallas o microestructuras inversas en los sedimentos cuaternarios.

Algunas zonas muy restringidas de la costa, por ejemplo la Península de Arauco en lo que concierne este estudio, la Península de Tongoy, la región de Caldera, la Península de Mejillones, terrazas marinas, y depósitos continentales recientes, se ven afectados por una deformación en fallas normales de edad cuaternaria. La cinemática de las fallas cuaternarias normales, todavía en estudio, indica una extensión de dirección E-W. La característica común de todas esas zonas costeras es de presentar una morfología particular en « saliente » haciendo que sean las más cercanas a la fosa, siempre entre 80 y 100 km. Esas fallas serían el resultado de una deformación postsísmica, consecuencia de un levantamiento (crustal bending<sup>11</sup>).

Así, entre la fosa y la zona de ante país, se puede delimitar tres fajas N-S paralelas con regímenes de esfuerzo diferentes : en extensión E-W, en compresión N-S, de rumbo NE-SW. Estos resultados muestran que no hay partición completa de la deformación en esta zona (fig. 3) al contrario de modelos teóricos<sup>1,3</sup>. En el ante arco el vector deslizamiento es paralelo al eje de la fosa y en el arco, es oblicuo al eje de la fosa. Además se comprueba que la distribución de los edificios volcánicos en un arco magmático están directamente ligados a regímenes de esfuerzos controlados por la convergencia de las placas.

**Agradecimientos :** Este trabajo se realizó como parte de las investigaciones emprendidas por el Convenio ORSTOM/Departamento de Geología-U. de Chile, y los proyectos ECOS U9306, FONDECYT 1950497, 1930992.

## REFERENCIAS

- (1) Fitch T.J., 1972. Plate convergence, transcurrent faults, and internal deformation adjacent to southeast Asia and the western Pacific. *J. Geophys. Res.*, 77, 4432-4460.
- (2) Beck M.E., Garcia A., Burmester R.F., Munizaga F., Hervé F., Drake R.E. 1991. Paleomagnetism and geochronology of late Paleozoic granitic rocks from the Lake District of southern Chile: implications for accretionary tectonics. *Geology*, 19, 332-335.
- (3) Dewey J.F., Lamb S.H. 1992. Active tectonics of the Andes. *Tectonophysics*, 205, 79-95.
- (4) Bellier O., Sébrier M. 1994. Relationship between tectonism and volcanism along the Great Sumatran fault zone deduced by SPOT image analyses. *Tectonophysics*, 233, 215-231.
- (5) Cembrano J. y Moreno H., 1994. Geometría y naturaleza contrastante del volcanismo cuaternario entre los 38°S y 46°S: ¿dominios compresionales y tensionales 7° Cong. Geol. Chileno, 1, 240-244.
- (6) Lopez-Escobar L., Cembrano J., Moreno H. 1995. Geochemistry and tectonics of the Chilean southern Andes basaltic Quaternary volcanism (37-46°S). *Revista Geológica de Chile*, 22, 2, 219-234
- (7) Cembrano J. *et al.*, 1996. Nature and timing of Cenozoic intra-arc deformation, southern Chile. III° ISAG, 17, 311-314, St Malo.
- (8) Lavenu A. *et al.*, 1996. Neogene to Quaternary state of stress in the central Depression and along the Liquiñe-Ofqui fault zone (Central and Southern Chile). Third ISAG, St Malo (Fr), 17, 195-198.
- (9) Barrientos S., Acevedo-Aránguiz P., 1992. Seismological aspects of the 1988-1989 Lonquimay (Chile) volcanic eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 53, 73-87.
- (10) Chinn D., Isacks B., 1983. Accurate source depths and focal mechanisms of shallow earthquakes in Western South America and in the New Hebrides Island arc. *Tectonics*, 2, 6, 529-563.
- (11) Delouis B., Philip H., Dorbath L., 1996. Extensional stress regime in the Antofagasta Coastal area (Northern Chile). Third ISAG, St Malo (Fr), 169-171.