

INTRODUCCION

LA SUPERUNIDAD LIMARI: ASPECTOS LITOLÓGICOS Y DE EMPLAZAMIENTO DEL PLUTONISMO TRIÁSICO SUPERIOR - JURÁSICO INFERIOR DE CHILE CENTRAL

THE LIMARI SUPERUNIT: LITHOLOGIC AND EMPLACEMENT ASPECTS OF THE UPPER TRIASSIC - LOWER JURASSIC PLUTONISM OF CENTRAL CHILE.

Julio Villegas
Miguel A. Parada

Departamento de Geología, Universidad de Chile. Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile.

RESUMEN

En este trabajo se define la superunidad Limarí (SUL) como un evento magmático bimodal del Triásico superior - Jurásico inferior, que está constituida por las unidades plutónicas Tranquilla - Millahue (leucogranitos), Talinay (gabros) y la unidad subvolcánica El Queñe (granito/riolita). Las relaciones de contacto entre las unidades plutónicas son de intrusiones mutuas. En algunos sectores, este tipo de interrelación da origen a Intrusiones Múltiples Bimodales (IMB) o al desarrollo de agmatitas (Agmatitas Los Loros). La SUL intruye a rocas asignadas al Complejo Metamórfico Del Choapa (Paleozoico) y, particularmente, a milonitas de protolito aparentemente, sedimentario (Gneises Miloníticos Punta Talquilla) y granítico (Milonitas Talinay). Observaciones en terreno sugieren que las milonitas se habrían formado por movimientos dextrales asociados a una importante deformación co-axial que antecedió al emplazamiento de la SUL.

El emplazamiento de la SUL fue pasivo y, probablemente, controlado por espacios generados durante movimientos trancurrentes sinestrales. Esto reflejaría un cambio en la dirección de oblicuidad de la subducción desde SW-NE a NW-SE, durante el Triásico superior - Jurásico inferior, cuyas causas se discuten.

ABSTRACT

The Limarí superunit (LSU) is defined as a bimodal Upper Triassic - Lower Jurassic magmatic event. It is composed by Tranquilla - Millahue (leucogranites) and Talinay (gabbros) plutonic units and El Queñe (granites/rhyolites) subvolcanic unit. Mutual intrusive relationships between the plutonic units are observed. In some place these relationships give rise to either Bimodal Multiple Intrusions (BMI) or Los Loros agmatites. The LSU intrude rocks assigned to the Choapa Metamorphic Complex (Paleozoic) and, particularly, milonites apparently, derived from either sedimentary (Punta Talquilla Milonitic Gneisses) or granitic (Talinay milonites) protoliths. Field observations suggest that the milonites would have been formed by dextral displacements associated with an important co-axial deformation prior to the LSU emplacement.

The LSU emplacement was passive and, probably controlled by spaces generated during sinistral transcurrent movements. This would reflect a change in the direction of subduction obliquity from SW-NE to NW-SE, during Triassic - Lower Jurassic times. The causes of such changes are discussed.

Oviedo, L., Fester, N., Tshishow, N., Ribba, L., Zuccone, A., Grey, E., Aguilar, A., 1991. General Geology of La Coipa Precious Metals District, Chile. Geología, Alteración Hidrotermal y Mineralización. Investigaciones de metales preciosos en el campo volcánico Neógeno-Cuaternario de Chile Central. SERNAMEGOMIN, INGENMET/USGS, pp. 131-166.

de la mineralización de Au y Ag en el sistema epitermal Car... Chile. Unpublished... vorzidad de Chile, Santiago, 202 p.

El emplazamiento de la LSU fue pasivo y, probablemente, controlado por espacios generados durante movimientos transcurrentes sinistral. Esto reflejaría un cambio en la dirección de oblicuidad de la subducción desde SW-NE a NW-SE, durante el Triásico superior - tránsito inferior - cuya causa se discute.

INTRODUCCION

El magmatismo del Triásico superior - Jurásico inferior de Chile central ha sido reconocido como integrante de dos franjas cercanamente longitudinales distribuidas en la costa y cordillera andina entre los 28 y 31° S (cf. Parada et al. 1991). Tanto la franja costera como la andina representan una asociación plutónica bimodal constituidas por intrusiones de leucogranitos, gabros/dioritas, y filones félsicos y máficos.

Los aspectos geoquímicos de las unidades principales que integran la SUL han sido abordados por Parada et al. (1991) y Gana (1991). Las unidades leucograníticas son moderadamente peraluminosas y muestran cierta afinidad con granitos anorogénicos desde el punto de vista de los álcalis, alúmina y sílice (Gana, 1991). Los contenidos de elementos trazas, particularmente las Tierras Raras son similares a aquellos de sus equivalentes de la cordillera andina, y exhiben patrones relativamente planos con una significativa anomalía de Eu (Parada et al., 1991).

El significado tectónico de este magmatismo ha sido contrastado con aquel atribuido al desarrollo magmático típicamente andino relacionado a subducción y que se inicia en el Jurásico medio. En efecto, se ha sugerido un régimen tectónico extensional para el magmatismo Triásico - Jurásico inferior (Parada, 1990; Parada et al. 1991, Gana, 1991), en el cual coexistieron magmas corticales y subcorticales.

En este trabajo se da cuenta de información geológica del plutonismo costero del Triásico superior - Jurásico inferior, sobre la base de estudios en áreas restringidas. Las áreas corresponden al sector inmediatamente al sur de la desembocadura del río Limarí y al sector ubicados directamente al sur de la Quebrada El Teniente (Fig. 1). Los estudios realizados en dichas áreas constituyen un

complemento a la información geológica y geoquímica generada por Thiele y Hervé (1984) Irwin et al. (1987), García (1991) y Gana (1991). En este trabajo se enfatiza, además, en aspectos geoquímicos para ambiente tectónico de la SUL, y estructurales para su emplazamiento.

LA SUPERUNIDAD LIMARÍ (SUL)

Integran la superunidad Limarí las unidades leucograníticas Tranquilla y Millahue, la unidad Talinay (gabros) y la unidad subvolcánica El Queñe. Las relaciones de contactos entre las unidades plutónicas félsicas y máficas son de intrusiones mutuas. En aquellos lugares donde predomina una unidad, ésta sirve de huésped para la unidad subordinada. En algunos casos este tipo de interrelación da origen a Intrusiones Múltiple Bimodales (IMB) o al desarrollo de agmatitas (agmatitas Los Loros) arealmente importante (Irwin et al., 1987; García, 1991, Gana, 1991).

Las unidades Tranquilla y Millahue fueron definidas por Rivano et al. (1985) como leucogranitos de grano fino, en parte, granofíricos (Tranquilla) y como leucogranitos de grano medio a grueso (Millahue). En este trabajo se las reunirá en una sola unidad bajo el nombre Tranquilla - Millahue (T-M). La unidad Talinay fue definida por Gana (1991) como dioritas y gabros de hornblenda de color gris oscuro de grano fino a medio y espacialmente relacionadas a los leucogranitos de T-M con los cuales llega a formar agmatitas en zonas de contacto. Las edades radiométricas disponibles para los leucogranitos y gabros señalan que la SUL representa un evento magmático desarrollado alrededor de los 200-220 Ma (cf. Parada et al. 1988; Gana, 1991).

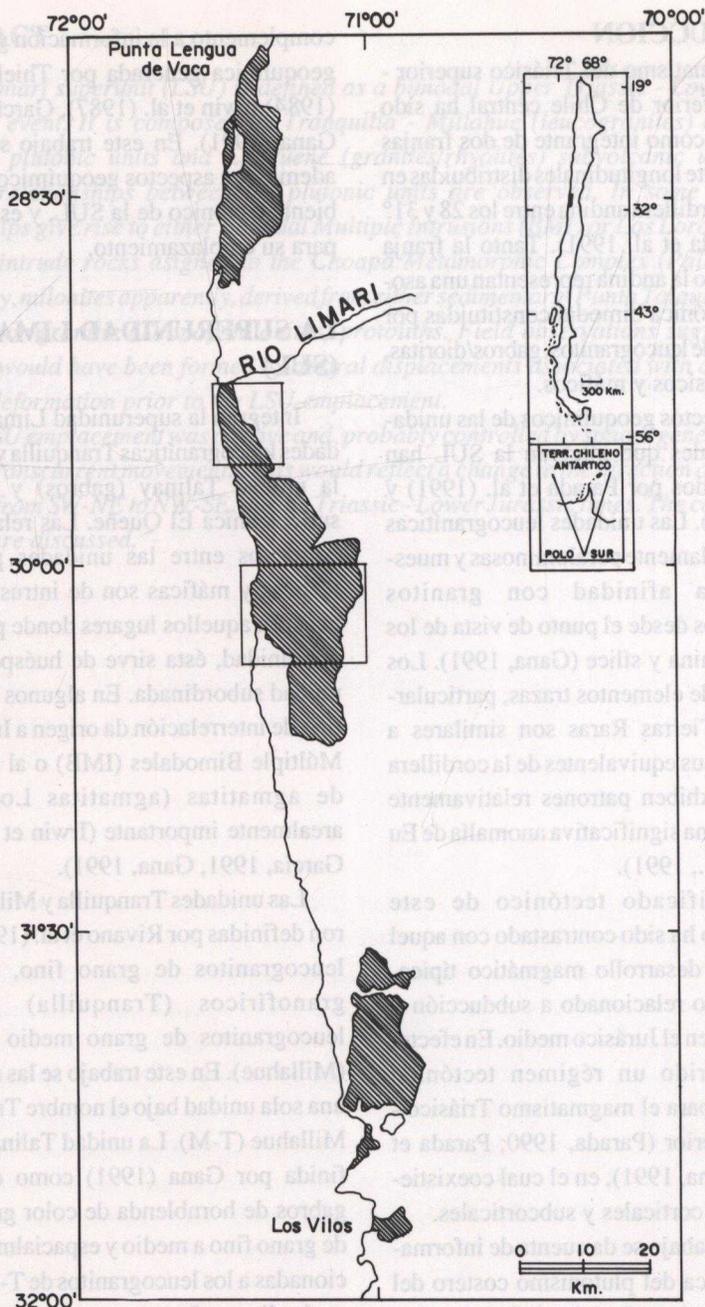


Fig.1. Distribución de las plutonitas asignadas a la SUL, modificado de Gana (1991) y Rivano y Sepúlveda (1991). Los recuadros muestran la ubicación de las áreas estudiadas en este trabajo.

Fig.1. Distribution of plutonic rocks assigned to the SUL, modified from Gana (1991) and Rivano and Sepúlveda (1991). Insets show location of studied areas in this study.

La SUL se distribuye regionalmente desde Punta Lengua de Vaca, por el norte, hasta Los Vilos por el sur (Fig. 1). Sus encajantes corresponden a las metamorfitas del Complejo Metamórfico Del Choapa (Paleozoico inferior; Rivano y Sepúlveda, 1991).

Unidad Tranquilla-Millahue (T-M)

La unidad T-M entre el río Limarí y la Quebrada Las Palmas forma cuerpos elongados NNW-SSE y N-S subparalelos a la costa y litológicamente homogéneos. Es frecuente observar diques máficos y félsicos y cuerpos irregulares decamétricos de rocas máficas formando parte de la unidad.

El contacto occidental de la franja de intrusivos de la unidad T-M en el sector norte es, por una parte, transicional con las Agmatitas Los Loros y, por otra, intrusivo con una faja metamórfica asignada por García (1991) al Complejo Metamórfico Del Choapa y que en este trabajo se la identifica como Gneises Miloníticos de Punta Talquilla (GMPT). El límite oriental queda definido por la presencia de milonitas de protolito granítico denominadas Milonitas Talinay asociadas a la falla homónima.

En el área de la Quebrada Del Teniente la unidad T-M, se pone en contacto, al oriente, por falla con la unidad Talinay, y en forma transicional con la unidad El Queñe. El contacto occidental de la unidad T-M es transicional con las IMB y se desarrolla desde aproximadamente un poco más al norte de la Quebrada Del Teniente, hasta la Quebrada De Hornillos.

La unidad T-M está conformada por un conjunto de rocas leucocráticas ($IC < 20$) de color rosado. Composicionalmente corresponden a granitos de feldespato alcalino, granitos y granodioritas (Fig. 3), con texturas faneríticas de grano fino, medio y grue-

so. Microscópicamente muestran texturas granudas hipidiomorfas y porfíricas; estas últimas, con un marcado desarrollo de fenocristales de feldespato potásico. Algunas muestras extraídas del área sur del río Limarí presentan muscovita de aspecto tanto primario como secundario, destacándose un progresivo aumento de este mineral hacia el oriente, donde se presenta como tablillas orientadas en dirección NNW-SSE. El mineral máfico común es biotita y, en menor proporción se identificó piroxeno. Como minerales accesorios se destacan apatito, esfeno, opacos y clorita.

Las plagioclasas se encuentran en cristales subhedrales y fenocristales prismáticos, zonados, maclados, algunos individuos con bordes corroídos, textura mirmekítica y deformados; en general este mineral se encuentra con alteración incipiente a caolinita y sericita. El feldespato potásico está presente como cristales subhedrales e intersticiales. Texturas perfiticas y micrográficas son comunes en este mineral. El cuarzo se encuentra en granos enhedrales finos, gruesos y ocupando espacios intersticiales.

Unidad Talinay

Los afloramientos de rocas intrusivas máficas pertenecientes a esta unidad se caracterizan por ser litológicamente homogéneos, no mostrando diques ni filones de litología contrastante con la composición gábrica global. En la zona de estudio, esta unidad se encuentra representada por dos cuerpos bien definidos que se ubican subparalelos a la costa y distante uno de otro por decenas de kilómetros (Fig. 2). El cuerpo norte se distribuye desde la Quebrada El Carrizal, continuando sus afloramientos hacia el sur aproximadamente por 8 Km, donde adquiere mayor expresión areal. El

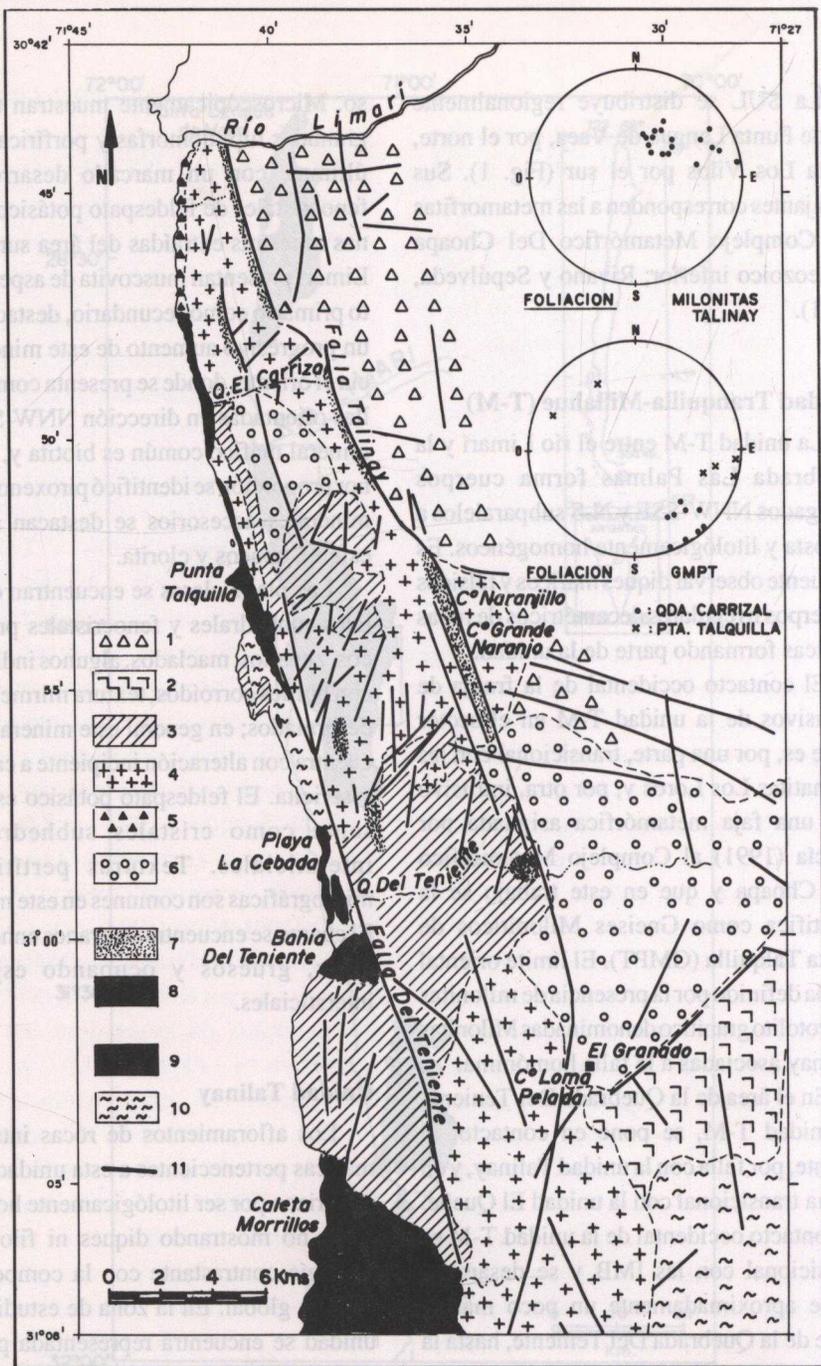


Fig. 2.- Distribución de los componentes de la SUL y su marco geológico, entre el río Limarí y Quebrada de Hornillos. La parte central del mapa fue levemente modificado de García (1991). Se incluyen proyecciones estereográficas de datos estructurales tomadas de las milonitas. 1= Unidad Puerto Oscuro; 2= Unidad El Queñe; 3= IMB; 4= Unidad T-M; 5= Agmatitas Los Loros; 6= Unidad Talinay; 7= Milonitas Talinay; 8= GMPT; 9= Estratos La Corvina y/o Hornillos; 10= Complejo Metamórfico Del Choapa; 11= Fallas y lineamientos.

Fig. 2.- Distribution and geological setting of the components of the SUL between río Limarí and Quebrada de Hornillos. The central part of the map was slightly modified from García (1991). Stereographic projections of structural data of milonites are included. 1= Puerto Oscuro unit; 2= El Queñe unit; 3= BMI; 4= T-M unit; 5= Los Loros agmatites; 6= Talinay unit; 7= Talinay milonites; 8= PTMG; 9= La Corvina and/or Hornillos strata; 10= Choapa Metamorphic Complex; 11= Faults and lineaments.

cuerpo sur se ubica más hacia el interior, cercanas a la Quebrada Del Teniente prolongándose hasta las proximidades de la localidad El Granado, donde se acuña hasta desaparecer. Los contactos de los cuerpos con las IMB son transicionales y con las unidades T-M y El Queñe son tectónicos.

La unidad Talinay se caracteriza por presentar texturas faneríticas de grano medio a grueso, aunque en algunos sectores existen afloramientos restringidos de grano fino. En general son melanocráticas (IC entre 40 - 65) de color verde oscuro. Litológicamente corresponden a gabros de hornblenda, y gabros de hornblenda y olivino. Al microscopio muestran un textura granuda hipidiomorfa de grano fino, medio y grueso; compuesta por plagioclasa, hornblenda, olivino, piroxeno y, minoritariamente, algunos minerales opacos. Las plagioclasas se presentan generalmente en cristales subhedrales, de bordes corroídos y con alteración incipiente a caolinita. Los cristales de hornblenda presentan hábito prismático con bordes corroídos y alterados a clorita. La biotita es secundaria junto a clorita.

Agmatitas Los Loros

Las Agmatitas Los Loros están compuestas por una asociación bimodal de rocas intrusivas, constituídas por material fragmentado de roca máfica envuelto por material granítico albergante. Dentro de la zona de estudio las agmatitas se distribuyen principalmente siguiendo una franja costera en dirección NNW, siendo los afloramientos más occidentales del área. Sus dimensiones corresponden a un largo de 7 Km por un ancho aproximado de 600 m, extendiéndose desde la desembocadura del río Limarí al norte, hasta ponerse en contacto con la faja de los GMPT en las cercanías de la Quebrada El Carrizal.

Las agmatitas, además de conformar la franja costera mencionada, se encuentran en menor cantidad y esporádicamente distribuidas a lo largo de la costa y en algunas quebradas de rumbo E-W, exhibiendo una estrecha relación espacial con las IMB. Hacia el oriente, la faja agmatítica da lugar a la unidad T-M.

El paleosoma (máfico) es litológicamente similar a la unidad Talinay y está inyectado por el neosoma (granítico) dando lugar a agmatitas, con fragmentos angulosos y subredondeados. Microscópicamente, el paleosoma tiene textura granuda alotriomorfa de grano fino, cuya mineralogía esencialmente está representada por tablillas de plagioclasa, hornblenda y biotita, intensamente alterada. Como mineral secundario, la clorita está ampliamente distribuida.

El neosoma presenta textura granuda hipidiomorfa de grano medio y está compuesta por feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa y agregados de biotita. El contacto entre ambas litologías es neto, no mostrando mayores interdigitaciones ni evidencias de desequilibrio térmico.

Dentro de la franja agmatítica se destaca la presencia de cuerpos intrusivos en forma de diques, tanto máficos como félsicos.

Unidad El Queñe

La unidad El Queñe, es la más oriental de la Superunidad Limarí. Sus afloramientos conforman un cuerpo irregular que se extiende al este del Cerro Loma Pelada, en forma continua en dirección SE. Su extensión hacia el oriente, no ha sido bien definida pese a que sus afloramientos se extienden lejos del área comprometida en el presente trabajo.

El extremo norte de la unidad El Queñe está en contacto por falla con la unidad

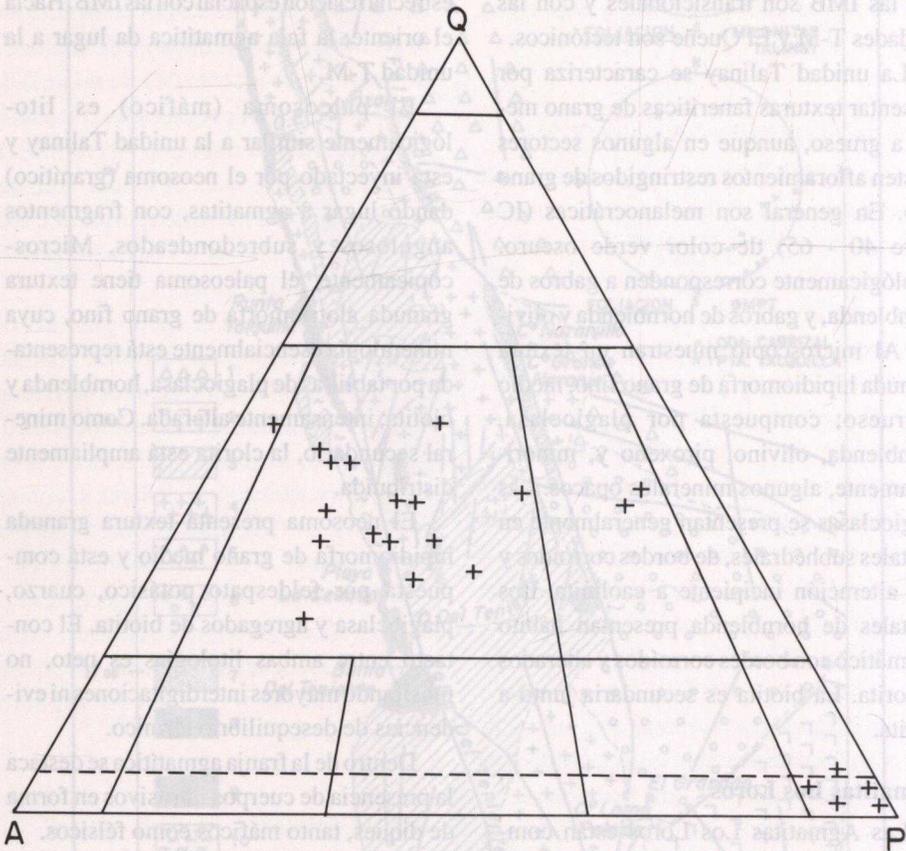


Fig. 3.- Composición modal de los principales componentes de la SUL. Observar su carácter bimodal dado por granitos (unidad T-M) y gabros/dioritas (unidad Talinay).

Fig. 3.- Modal composition of the main components of the SUL. Note the bimodal character given by granites (T-M unit) and gabros/diorites (Talinay unit).

Talinay. No obstante, se observan fragmentos métricos de rocas intrusivas máficas, incorporadas por los magmas félsicos durante su ascenso. Hacia el sur, esta unidad limita con la unidad T-M, siendo el contacto entre ellas en gran parte inferido.

Las rocas que forman parte de esta unidad, se caracterizan por ser composicionalmente homogéneas (granito/riolita) y texturalmente variables entre rasgos plutónicos y volcánicos. Exhiben un bajo índice de color ($IC < 20$), con tonalidades rosado y rosado amarillento. Localmente, se observa que las rocas pertenecientes a esta unidad han estado expuestas a alteración hidrotermal, la que ha silicificado las rocas y producido, vetillas de cuarzo. Asimismo, se ha reconocido la existencia de boxwork, en algunos casos, tapizados con limonita. Microscópicamente los granitos tienen una textura granuda alotriomorfa, de grano medio. Las riolitas se caracterizan por presentar fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, inmersos en una matriz de grano fino compuesta por cuarzo y feldespato; además, en algunas muestras la matriz es vítrea, destacándose la presencia de esferulitas. El cuarzo aparece como fenocristales subhedrales bipiramidales, en parte, corroídos.

INTRUSIONES MÚLTIPLES BIMODALES (IMB)

Las IMB corresponden a una asociación plutónica de granitos y gabros que se intruyen mutuamente. Conforman una franja de 600 metros de ancho que se ubica al oriente de, y paralela a la faja de los GMPT. Se extiende desde la Quebrada El Carrizal al norte y, hacia el sur ocupa gran parte de las zonas litorales costeras, hasta las proximidades de la Quebrada De Hornillos (Fig. 2).

El límite norte de las IMB en gran parte es difícil de definir por la ausencia de afloramientos, debido a la extensa cubierta de sedimentos cuaternarios, pero coincidiría con la Quebrada El Carrizal, desde la cual se produce un cambio litológico hacia el norte donde comienza el dominio de la unidad T-M. Hacia el oeste las IMB intruyen a los GMPT, y al oriente grada a las rocas intrusivas máficas de la unidad Talinay. En el área ubicada al sur de la Quebrada Del Teniente, las IMB se ponen en contacto tectónico e intrusivo con las secuencias sedimentarias pertenecientes a los Estratos La Corvina en el norte y con los Estratos Hornillos en el sur (cf. Thiele y Hervé, 1984). El límite oriental es transicional con la unidad T-M, y se extiende en dirección N-S.

Dentro del área ocupada por las IMB, se observa, en general, un predominio de rocas máficas sobre las félsicas. Los intrusivos graníticos son similares a los de la unidad T-M. Presentan un índice de color < 20 y una textura granítica de grano medio a grueso. Su mineralogía modal corresponde a feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa y biotita. Al microscopio los feldespatos se presentan levemente alterados a caolinita, en cambio las biotitas exhiben sus bordes cloritizados.

Los intrusivos gábricos, entre los cuales se destacan gabros y gabros anfíbólicos, similares a los de la unidad Talinay, presentan un color verde oscuro ($IC 40-65$), con textura de grano fino a medio. Al microscopio presentan una textura granuda alotriomorfa de grano fino a medio. Las plagioclasas se presentan como prismas subhedrales y como fenocristales de bordes corroídos, mostrando un alto grado de alteración argílica. Los cristales de hornblenda están, frecuentemente, epidotizados.

ROCAS DE FALLAS Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

En el área comprendida entre el río Limarí y la Quebrada De Hornillos, aflora una serie de rocas tectonizadas que forman fajas miloníticas N-S y NNW-SSE, así como también cuerpos aislados y arealmente reducidos (Fig. 2). Las milonitas están espacial y genéticamente relacionadas a las fallas Del Teniente y Talinay. La falla Del Teniente se extiende desde aproximadamente Punta Talquilla, en dirección SSE, por una distancia de unos 55 Km. La falla Talinay se extiende por 60 Km, en dirección NNW-SSE desde el río Limarí hasta las cercanías de El Granado, lugar desde el cual cambia de rumbo hacia el SSW (Fig.2).

GNEISSES MILONITICOS PUNTA TALQUILLA (GMPT)

Los GMPT corresponden a los Esquistos Punta Talquilla de García (1991), los que junto con los Esquistos La Cebada, fueron incluidos al Complejo Metamórfico Del Choapa por el autor mencionado.

La faja se extiende desde unos 6 Km. al sur de la desembocadura del río Limarí hasta la Playa La Cebada. Sus afloramientos en general ocupan la línea costera con una dirección aproximada de N18°W, una longitud cercana a los 20 Km y un ancho promedio de 300 m, adquiriendo su mayor expresión areal en las cercanías de Punta Talquilla. El límite oriental de la faja está intruido por granitoides de la unidad T-M.

Litológicamente corresponden a gneises miloníticos de protolito, al parecer, predominantemente sedimentario, caracterizados por una alternancia de bandas claras y oscuras. Las bandas claras se componen de cuarzo, feldespato alcalino y biotita. El cuarzo se presenta como láminas finas, que en parte se interrumpen dando lugar a granos

de cuarzo aplastados en forma de ojos; se destacan a su vez boudines de tamaño variable entre 1cm y 30 cm de ancho. El feldespato alcalino presenta textura peritítica; y la biotita forma tablillas orientadas. Las bandas oscuras son de grano más fino y contienen minerales tales como cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita, muscovita y opacos. La mayor abundancia de filosilicatos en estos niveles le confieren a la roca una foliación más marcada que la observada en los niveles claros. En las cercanías del contacto con la unidad T-M se puede observar texturas de recristalización metamórfica.

La foliación de los GMPT es, por lo general, subvertical y presenta rumbos, cercanamente N-S y NE-SW; estos últimos restringidos a la Quebrada El Carrizal (Fig. 2).

Mediante observaciones en terreno de los porfiroclastos de cuarzo (Fig. 4a y b) como indicadores cinemáticos (cf. Passchier y Simpson, 1986; Hanmer y Passchier, 1991), se pudo determinar, que aunque existe un predominio de los porfiroclastos con colas simétricas, también se comprueba la presencia de asimetrías que muestran movimientos de rotación tanto sinestrales como dextrales, con un leve predominio de los últimos. Aunque de lo anterior se deduce la importancia de la deformación co-axial en relación a la no co-axial dextral, las medidas de máximo estiramiento de granos de cuarzo (N12-20° E/14-27° W) son consistentes con desplazamientos en el rumbo.

Milonitas Talinay

A diferencia de los GMPT, estas milonitas tienen, predominantemente, un protolito granítico. Están en contacto, por el occidente, con la unidad T-M y, por el oriente, con rocas pertenecientes a la unidad Puerto Oscuro del Jurásico medio. La faja se prolonga en dirección SSE, en los cerros

Naranjillo, Grande Naranjo y Blanco. Además, se reconocieron rocas tectonizadas y recrystalizadas metamórficamente, asignables a esta unidad y distribuidas a modo de «roof pendant» en cuerpos graníticos de la unidad T-M. En el contacto intrusivo es posible observar inyecciones graníticas concordantes con la foliación milonítica.

A lo largo del segmento norte de la falla Talinay, la faja milonítica se encuentra conformada por la alternancia de bandas claras y oscuras, de tamaño de grano y proporciones de minerales variables. Al microscopio, la composición mineralógica queda determinada por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita muscovita y opacos.

Observaciones estructurales en terreno en la falla Talinay, sobre el segmento curvo de su traza inmediatamente al sur del cerro Talinay, permitió reconocer inclusiones de cuarzo rotadas y evidenciar un dominio de aquellas rotadas dextralmente, lo cual, sumado a algunas medidas de lineación aproximadamente normal al rumbo de la foliación (N40°E/60°S), son indicativos de un fallamiento inverso. Al este de Playa La Cebada, en la quebrada homónima y afluentes, se observó foliación sigmoidal en una milonita cuarzo - feldespática (Fig. 4 c), ejemplos de bandas de cizalle extensional (Fig. 4 d), y abudamiento de inyecciones graníticas, todas resultantes de movimientos dextrales.

DISCRIMINACION PETROTECTONICA DE LAS ROCAS FELSICAS

Este trabajo enfatizará los aspectos geoquímicos (Tabla 1) tendientes a precisar el ambiente tectónico con la ayuda de los diagramas discriminantes de la figura 5. Sobre la base de los contenidos de Rb versus

Y+Nb los leucogranitos tienen características de arco, no obstante, algunas muestras graníticas y las dos riolitas de la unidad El Queñe exhiben claras afinidades de intraplaca (anorogénico). En el diagrama discriminante de Whalen et al. (1987) que muestra las figuras 5b y c revelan que las rocas félsicas no corresponderían a magmas anorogénicos (con excepción de una riolita) ni a diferenciados de un magma más básico de tipo I, sino que, probablemente, tendrían un origen independiente de las rocas básicas, en este caso, de los gabros de la unidad Talinay.

EMPLAZAMIENTO DE LA SUL Y SITUACION TECTONICA

En la última década se han descrito numerosos plutones que se han emplazado durante eventos de deformación de sus rocas albergante, particularmente, asociados a zonas de cizalle truncurrente (Castro, 1986; Guineberteau et al., 1987; Hutton, 1988a,b, 1992). Todos ellos enfatizan que el ascenso y/o emplazamiento magmático es favorecido por fracturas extensionales y espacios generados en dominios transtensionales. En el caso que nos ocupa, cualquier hipótesis de emplazamiento debe tener en cuenta los siguientes hechos:

- 1) Las milonitas son, por lo general, anteriores al emplazamiento de la SUL. Las relaciones de intrusividad con la SUL, descritas anteriormente y la frecuente recrystalización metamórfica que se observa en ellas, son evidencias suficientes para asegurar que antecedieron a la SUL. No obstante, se reconocen localmente, transformaciones graduales en los leucogranitos desde extremos no deformados hasta otros muy tectonizados, lo cual sugiere que la edad de las milonitas pudo, en parte, haber sido

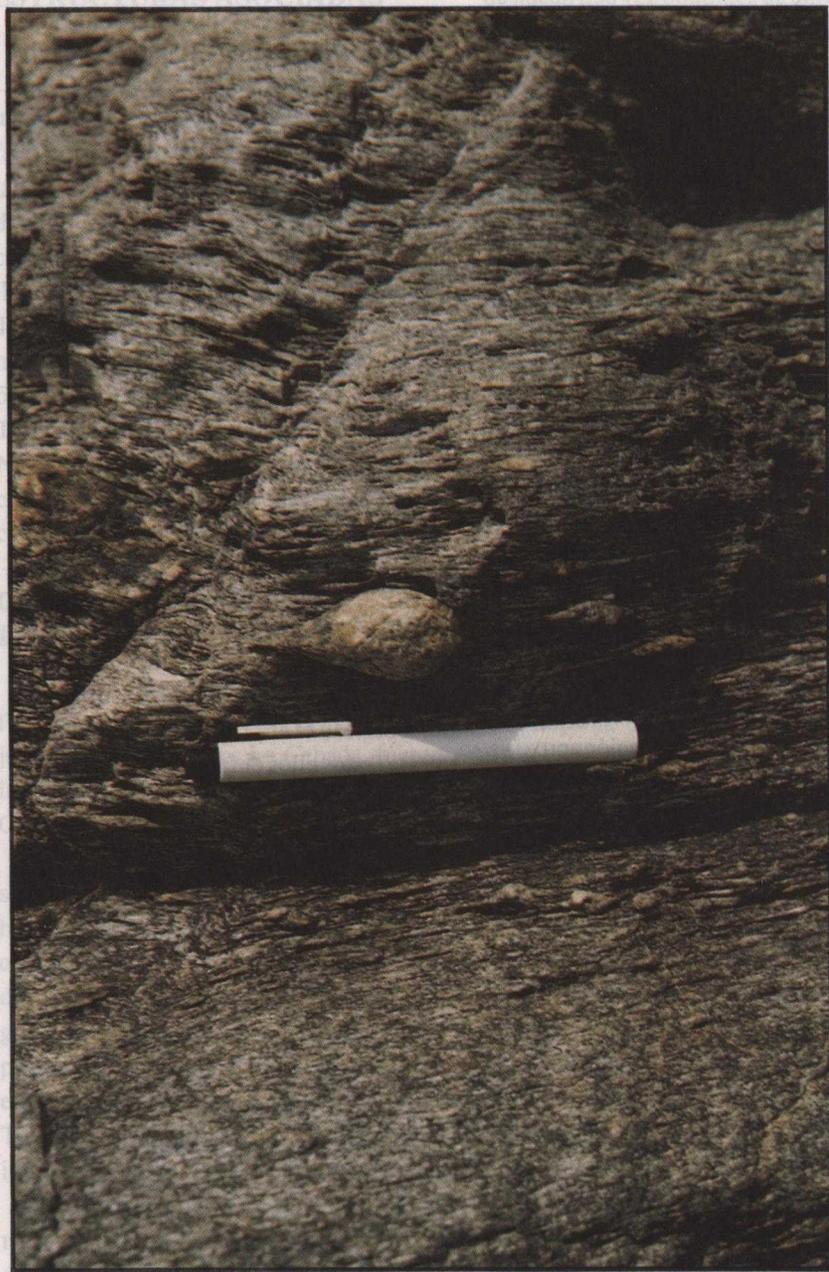


Fig. 4. A) Inclusion rígida de cuarzo de geometría simétrica de los GMPT.

Fig. 4. A) In-plane geometry of winged quartz inclusion of the PTMG.

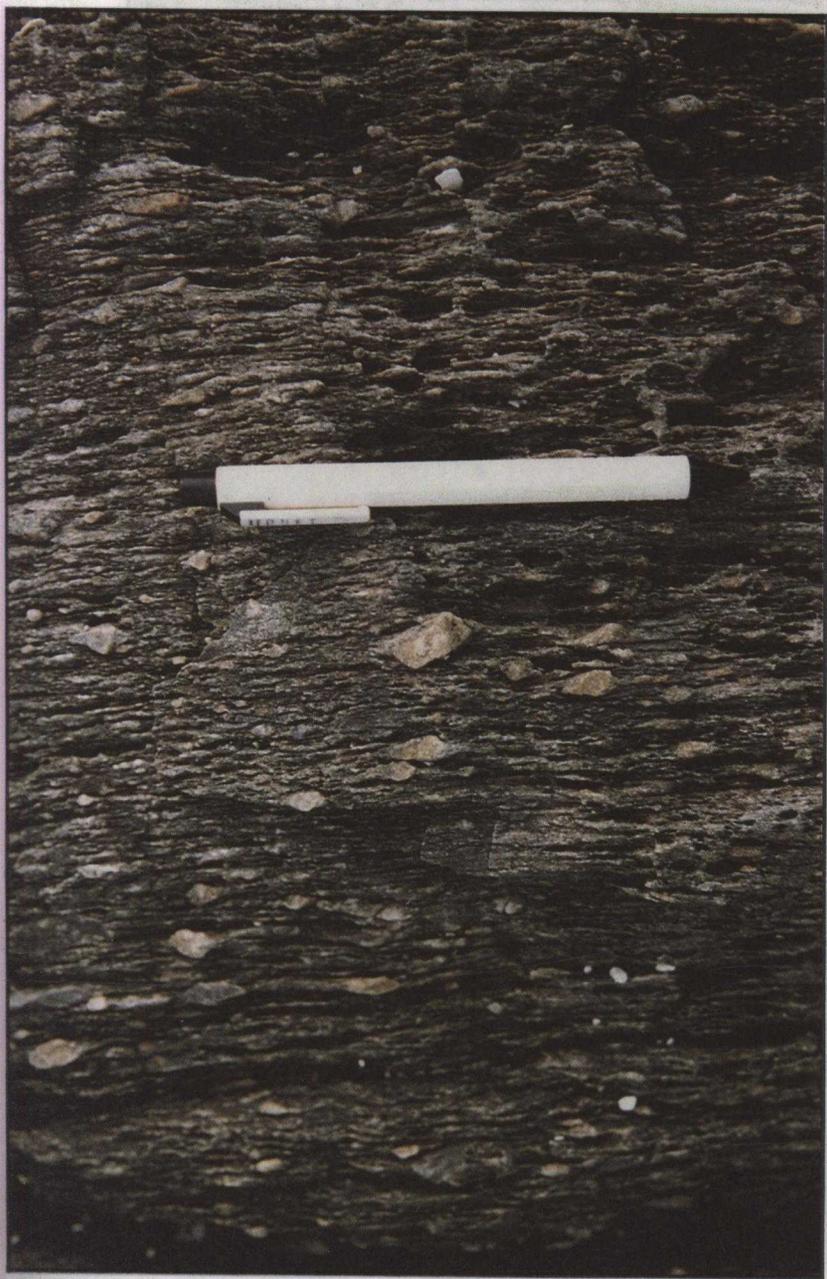


Fig. 4. B) Inclusion rígida de cuarzo rotada dextralmente de los GMPT.

Fig. 4. B) Dextrally rotated quartz inclusion of the PTMG.

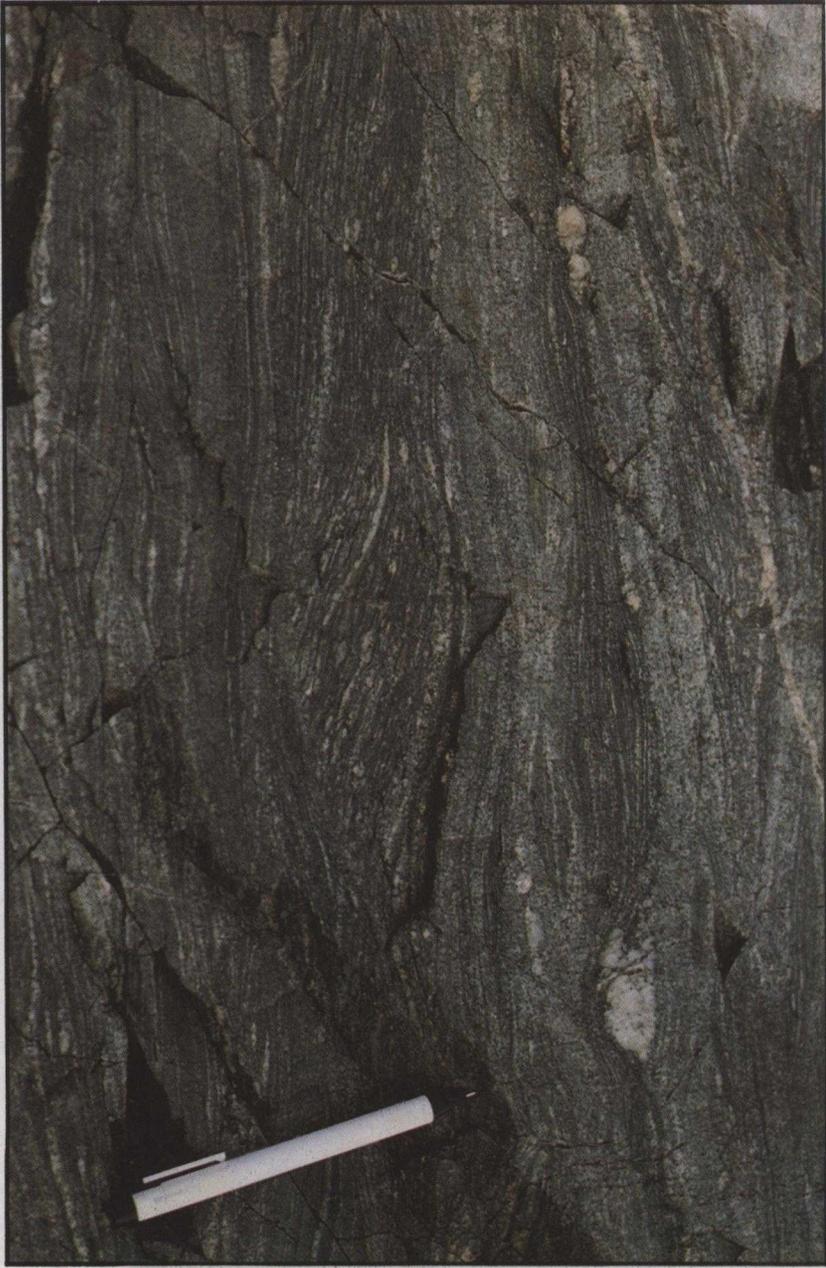


Fig. 4. C) Foliación sigmoidal en milonita cuarzo feldespática deformada por cizalle dextral (milonitas Talinay).

Fig. 4. C) Sigmoid strain-insensitive foliation in dextrally deformed quartz-feldspathic mylonite (Talinay mylonites).

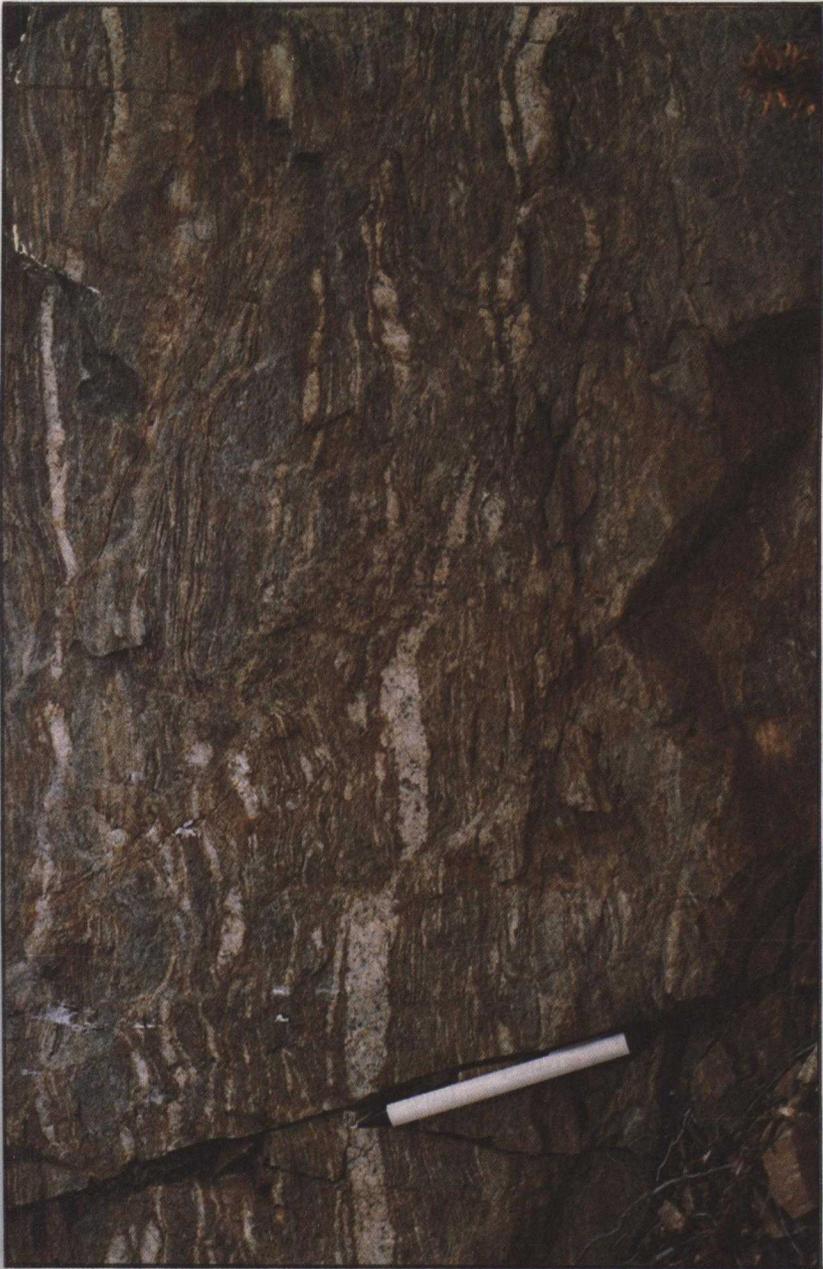


Fig. 4. D) *Bandas de cizalle extensional (dextral) en milonitas Talinay.*

Fig. 4. D) *Extensional shear bands (dextral) in Talinay milonites.*

TABLA I

Contenidos de algunos elementos mayoritarios (% en peso) y trazas (ppm) de muestras representativas de la S17

Elemento	Contenido (%)
SiO ₂	74,50
Al ₂ O ₃	13,10
FeO	14
MgO	17,2
CaO	29
Na ₂ O	46
K ₂ O	20,2
TiO ₂	12
P ₂ O ₅	50,5

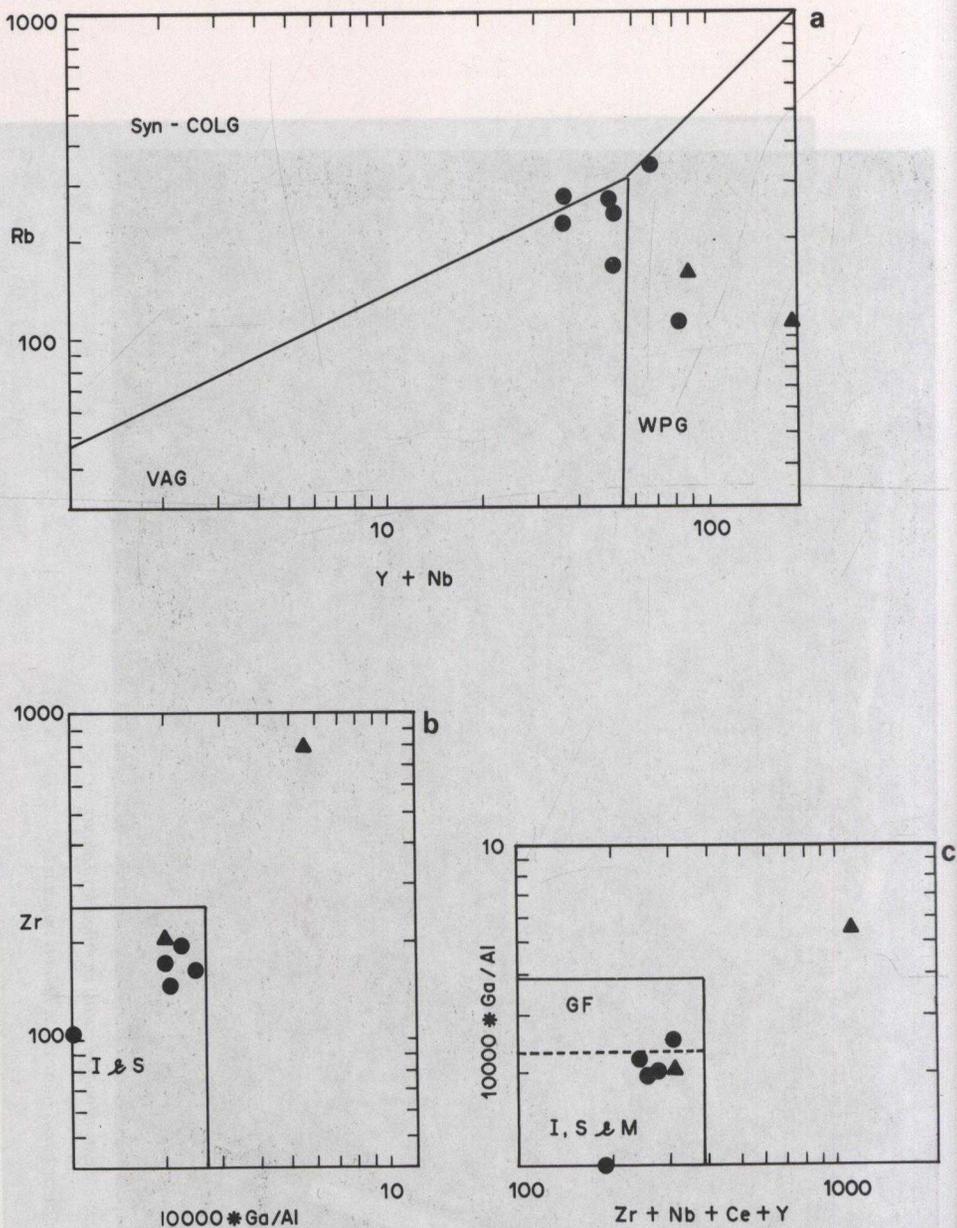


Fig. 5.-Diagramas discriminantes de Pearce et al. (1984) y Whalen et al. (1987) para granitos y riolitas de la SUL. A) Diagrama de discriminación tectónica Rb vs. Y+Nb B) Zr vs. $10000 * Ga/Al$ para discriminar granitos tipo I y S de los de tipo A. C) $10000 * Ga/Al$ vs. $Zr+Nb+Ce+Y$ para discriminar entre granitos tipo I, S, M o A, de aquellos diferenciados por fraccionamiento de magmas tipo I (GF= granitos fraccionados). Círculos llenos= granitos; triángulos llenos= riolitas.

Fig. 5.- Discriminant diagrams of Pearce et al. (1984) and Whalen et al. (1987) for granites and rhyolites of the SUL. A) Rb vs. Y+Nb tectonic discriminant diagram. B) Zr vs. $10000 * Ga/Al$ diagram for discriminating I-, and S-type granites from A-type granites. C) $10000 * Ga/Al$ vs. $Zr+Nb+Ce+Y$ for discriminating I-, S- M- and A-type granites from fractionated I-type magmas (GF=fractionated granites). Filled circles= granites; filled triangles= rhyolites.

TABLA 1

Contenidos de algunos elementos mayoritarios (% en peso) y trazas (ppm) de muestras representativas de la SUL.

Contents of some mayor (wt. %) and trace elements (ppm) of representative samples of the SUL.

	Granitos			Riolitas			
	D-19	M-1	X-12	CBR-5	TEN-32	D-5	D-23
SiO ₂	75,80	75,30	73,40	71,53	75,28	74,60	74,50
TiO ₂	0,13	0,44	0,28	0,17	0,20	0,16	0,25
Al ₂ O ₃	12,70	11,20	13,30	11,83	12,60	11,70	13,10
Ga	17	12	15	< 5	15	34	14
Rb	151	97	245	173	277	214	172
Sr	32	125	68	39	34	20	29
Y	70	19	38	29,78	29,67	125	46
Zr	161	170	144	107	189	819	202
Nb	16	16	12	< 5	< 5	93	12
Ce	68,3	53,1	73,0	52,71	33,16	90,7	50,5

similar a la de la SUL y pone en duda, por consiguiente, la edad paleozoica que implica su inclusión en el Complejo Metamórfico del Choapa (cf. García, 1991).

- 2) La deformación que antecedió al emplazamiento de la SUL y que generó las milonitas, tuvo una fuerte componente co-axial y otra menos importante no co-axial dextral.
- 3) La SUL se emplazó pasivamente, conformando un cuerpo elongado subparalelamente a la foliación regional de las unidades albergantes. Observaciones en los contactos entre las plutonitas de la SUL y las milonitas de la caja, no muestran evidencias de deformaciones atribuibles a mecanismos de intrusión forzada. Por el contrario, es posible observar inyecciones graníticas dispuestas concordantemente con la foliación milonítica.

Con los antecedentes que se dispone no es posible precisar el significado geodinámico de las milonitas estudiadas. No obstante lo anterior, se puede intentar una vinculación con las interpretaciones tectónicas de la evolución pre-jurásica de esta región. Trabajos paleomagnéticos preliminares en el sector costero han sugerido grandes desplazamientos longitudinales, hacia el norte, de bloques del margen continental (Forsythe et al., 1987) durante el Triásico - Jurásico inferior. Esta hipótesis podría explicar la generación de las milonitas, aunque éstas no registran, concluyentemente, la gran componente de deformación ligada a desplazamiento dextral que es de esperar en esta situación. Por el contrario, la deformación principalmente co-axial detectada, podría indicar algún tipo de colisión de menor oblicuidad.

El emplazamiento pasivo del cuerpo elongado, preferentemente, NNW-SSE de la SUL puede ser atribuido a algún mecanis-

mo de generación de espacios asociados a movimientos transcurrentes y, por consiguiente, reflejar un cambio hacia un régimen transtensional a lo largo de segmentos NNW-SSE de las fallas de rumbo de la región. De aceptar como válida esta hipótesis, habría que suponer un cambio hacia movimientos sinestrales y, por ende, del sentido de la oblicuidad de la subducción desde SW-NE a NW-SE. Es pertinente destacar que en el Cretácico temprano, el margen continental de América del Sur habría sufrido esfuerzos compresivos horizontales derivados de una subducción oblicua NW-SE (Zonenshayn et al., 1984; Thiele y Pincheira, 1987). Aunque no se han detectado evidencias concluyentes de movimientos sinestrales a lo largo de las fallas Del Teniente y Talinay, al norte de la región estudiada se ha determinado un sentido sinistral para los movimientos de la falla Atacama, a partir del Jurásico superior - Cretácico inferior, resultantes de una subducción oblicua NW-SE (Hervé, 1987; Scheuber y Andriessen, 1990). La acreción al margen continental al sur de los 27°S, de un plateau oceánico durante el Triásico superior sugerido por Parada et al. (1991) podría explicar esta modificación en la dinámica de placas. De acuerdo con Ben-Avraham y Nur (1987) este tipo de colisiones frena o suprime la subducción y permite el cambio de su dirección cuando ésta se reanuda.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto FONDECYT 1234-91. Los autores agradecemos al Sr. José Cembrano por sus valiosos comentarios y observaciones en terreno que beneficiaron significativamente este trabajo, así como a los revisores F. Hervé y M. Vergara por sus valiosas sugerencias. Expresamos nuestro agradecimien-

to al Dr. J. M. Pouget del ORSTOM quien nos facilitó imágenes satelitales SPOT del área de estudio.

REFERENCIAS

- Ben-Avraham, Z. y Nur, A. 1987. Effects of collisions at trenches on oceanic ridges and passive margins. In: Circum-Pacific orogenic belts and evolution of the Pacific Ocean basin. Monger, J. W. H., y Francheteau, J., Eds. Washington, D.C., American Geophysical Union Geodynamic Series, 18, 9-18.
- Castro, A. 1986. Structural pattern and ascent model in the Central Extremadura batholith, Hercynian belt, Spain. *Journal of Structural Geology*, 8, 633-645.
- Forsythe, R. D., Kent, D. V., Mpodozis, C. y Davidson, J. 1987. Paleomagnetism of Permian and Triassic rocks, central Chilean Andes. In: Godwana Six: Structure, tectonics and geophysics. Mckenzie, G. D. Ed. Geophysical Monograph, Washington, 40, 241-252.
- Gana, P. 1991. Magmatismo bimodal del Triásico Superior-Jurásico Inferior, en la Cordillera de la Costa, Provincias de Elqui y Limarí, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 18, 55-67.
- García, C. 1991. Geología del sector de Quebrada del Teniente, Región de Coquimbo. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología y Geofísica, 123 p.
- Guineberteau, B., Bouchez, J-L. y Vignerresse, J-L. 1987. The Mortagne granite pluton (France) emplaced by pull-apart along shear zone: Structural and gravimetric arguments and regional implications. *Geological Society of America Bulletin*, 99, 763-770.

- Hervé, M. 1987. Movimiento sinistral en el Cretácico Inferior de la zona de falla de Atacama al norte de Paposo (24°S). *Revista Geológica de Chile*, 31, 37-42.
- Hanmer, S., y Passchier, C. 1991. Shear-sense indicators: a review. *Geological Survey of Canada, Paper 90-17*, 72p.
- Hutton, D. H. W. 1988. Igneous emplacement in a shear zone termination: the biotite granite at Strontian, Scotland. *Geological Society of America Bulletin*, 100, 1392-1399.
- Hutton, D. H. W. 1988. Granite emplacement mechanism and tectonic controls: inferences from deformation studies. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*, 79, 245-255.
- Hutton, D. H. W. 1992. Granite sheeted complex: evidence for the dyking ascent mechanism. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 83, 377-382.
- Irwin, J., Hervé, F., García, C. y Brook, M. 1988. Geology of part of a Long-Lived Dynamic Plate Margin: The Coastal Cordillera of North-Central Chile, latitude 30°51' - 31°S. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 25, 61-75.
- Parada, M. A. 1990. Granitoid plutonism in central Chile and its geodynamic implications; A review. In: *Plutonism from Antarctica to Alaska*: Kay, S.M. y Rapela, C.W. Eds. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 241, 51-66.
- Parada, M.A., Rivano, S., Sepúlveda, P., Hervé, M., Puig, A., Munizaga, F., Brook, M., Pankhurst, R. y Snelling, N. 1988. Mesozoic and Cenozoic Plutonic Development in the Andes of Central Chile (30°30' - 32° 30'S). *Journal of South American Earth Sciences*, 1, 249-260.
- Parada, M. A., Levi, B., Nystrom, J. O. 1991. Geochemistry of the Triassic to Jurassic Plutonism of Central Chile (30° to 33°S); Petrogenetic Implications and a Tectonic Discussion. *Geological Society of America, Special Paper 265*, 99-112.
- Passchier, C. y Simpson, C. 1986. Porphyroblast systems as kinematic indicators. *Journal of Structural Geology*, 8, 831-843.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. y Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Rivano, S., Sepúlveda, P., Hervé, M. y Puig A. 1985. Geocronología K-Ar de las rocas intrusivas entre los 31-32° latitud sur, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 24, 63-74.
- Rivano, S. y Sepúlveda, P. 1991. Hoja Illapel, Región de Coquimbo. *Carta Geológica de Chile No. 69*, Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Scheuber, E., y Andriessen, P. A. 1990. Kinematic and geodynamic significance of the Atacama Fault Zone, northern Chile. *Journal of Structural Geology*, 12, 243-257.
- Thiele, R. y Hervé, F. 1984. Sedimentación y tectónica de antearco en los terrenos preandinos del Norte Chico, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 22, 61-75.
- Thiele, R. y Pincheira, M. 1987. Tectónica transpresiva y movimiento de desgarre en el segmento sur de la Zona de Falla de Atacama, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 31, 77-94.
- Whalen, J. B., Currie, K. L. y Chappell, B. W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 95, 407-419.
- Zonenshayn, L., Savostin, L. y Sedov A., 1984. Global paleogeodynamic reconstructions for the last 160 million years. *Geotectonics*, 18, 181-185.

