

## REFLEXIONES ACERCA DE TRANSICIONES METAMORFICAS EN EL BASAMENTO DE CHILE CENTRAL-SUR

ESTANISLAO GODOY P.-B.

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

### RESUMEN

En la Cordillera de la Costa, entre Pichilemu ( $34^{\circ} 30'$ ) y Archipiélago de Los Chonos ( $46^{\circ}$  Lat. S), existen extensas franjas de metaareniscas y pizarras silúricas a devónicas, que gradan, progresivamente, a esquistos. Este proceso ocurre por deformación y neocrystalización, ligada al desarrollo, hacia el oeste, de un clivaje de crenulación ( $S_2$ ). Diversos autores han propuesto que turbiditas devónico-carboníferas y secuencias clásticas carbonatadas, carbonífero-pérmicas, de la Cordillera de la Costa del Norte Chico ( $31^{\circ}$ - $32^{\circ}$  Lat. S), también pasan gradualmente a rocas metamórficas. Estas últimas, sin embargo, muestran un desarrollo inhomogéneo, tanto de  $S_2$  como de  $S_3$ , y el irregular diseño de sus afloramientos está controlado por fallas. Dichos antecedentes estructurales, unidos a observaciones petrográficas, hacen necesario considerarlas como asociaciones petrotectónicas distintas y de edad diferente.

La neocrystalización en clivaje de plano axial ( $S_1$ ) de turbiditas adyacentes a los esquistos, se interpreta como el resultado de "un efecto de zócalo", contemporáneo a metamorfismo(s) de bajo grado, ocurrido(s) entre el Carbonífero y el Pérmico.

Mientras las rocas metamórficas de la costa sur representan partes de un mismo prisma de acreción carbonífero, el basamento de la costa del Norte Chico corresponde a un prisma pre-devónico, ligeramente reactivado durante una acreción carbonífera temprana y un evento térmico del Pérmico.

### ABSTRACT

In the Coast Range between Pichilemu and Los Chonos Archipelago ( $34^{\circ} 30'$ - $46^{\circ}$  S Lat.), Silurian to Devonian sediments were transformed during the early Carboniferous, into micaschists by progressive westward metamorphism and development of a schistosity, which corresponds to a crenulation cleavage.

Further north ( $31^{\circ}$ - $32^{\circ}$  S Lat.), where scattered outcrops of micaschists-greenschists are faulted against surrounding Devonian to early Carboniferous turbidites, and upper Carboniferous to Permian limestones and clastic sediments, several authors have suggested a similar relationship between these two groups of rocks. Even though stratification is locally preserved in the metamorphic rocks, structural observations supported by petrographic data, suggest that they are, in fact, two separate petrotectonic assemblages of different ages.

Isotherm pattern modifications around basement highs, during late Carboniferous to early Permian low grade metamorphism, is called upon to explain a local progressive recrystallization in turbidites adjacent to albite nodular schists.

The metamorphic basement of the southern Coast Range represents sections of an accretionary prism. The metamorphic rocks between  $31^{\circ}$ - $32^{\circ}$  S Lat. may, instead, be interpreted as an older prism, slightly reactivated during Early Carboniferous accretion and a Permian thermal event.

### INTRODUCCION

Durante la década del 60, dataciones radiométricas (Muñoz Cristi, 1942; Munizaga, 1967) permitieron introducir importantes cambios en relación con la edad del Basamento Cristalino de Chile central y sur. Gran parte del Batolito de la

Costa fue "bajado" del Cretácico Superior al Paleozoico superior, mientras que las rocas metamórficas del sur ( $34^{\circ}$ - $39^{\circ}$  Lat. S) fueron "subidas" del Precámbrico al Carbonífero Inferior. Dataciones posteriores han confirmado que el principal even-

to metamórfico, en estas últimas rocas, tuvo lugar a principios del Carbonífero (Hervé *et al.* 1982). Tavera (1983), en base al hallazgo de graptoloídeos, les asignó una edad de sedimentación silúrica, pero es probable que también esté representado el Devónico. En el archipiélago magallánico, sin embargo, Forsythe y Mpodozis (1983) reconocieron un metamorfismo probablemente posterior al Pérmico Inferior y anterior al Jurásico Inferior, de alto P/T. Por otra parte, Hervé *et al.* (1981a) dieron evidencias radiométricas de un evento cretácico sobreimpuesto al anterior, en Cordillera Darwin (Lat. 54°30'S). La presencia de estos eventos metamórficos post-pérmicos, en rocas del sur del país, parece ser el principal factor que explica la actual tendencia a revivir la proposición de Muñoz Cristi (1973, p. 6-9) en cuanto a considerar que, en los 31°30' Lat. S, rocas sedimentarias ahora asig-

nadas al Devónico-Carbonífero Inferior (Bernardes y Rösler, 1980), pasan "transicionalmente" a rocas metamórficas. Una relación semejante ha sido sugerida para rocas pérmicas, que afloran en la misma área (Mundaca *et al.*, 1979) y en áreas ligeramente más al norte (Hervé *et al.*, 1976; Thiele y Hervé, 1984).

El presente trabajo resume, primero, las características de zonas metamórficas reconocidas en la Cordillera de la Costa, entre Pichilemu y Taitao, donde varios autores han llegado a la conclusión, que extensos afloramientos de metasedimentos del Paleozoico inferior pasan gradualmente a esquistos. Estas transiciones son contrastadas, a continuación, con los casos del Norte Chico, donde diversas observaciones no concuerdan con la idea de un metamorfismo progresivo.

## TRANSICIONES EN CHILE CENTRAL Y SUR

### A. DEFORMACION Y METAMORFISMO PROGRESIVO EN MATAQUITO-MAULE Y NAHUEL BUTA.

En estos sectores (Fig. 1), González-Bonorino (1970) distinguió zonas mineralógico-petrográficas de rumbo norte-sur, que se designan, de este a oeste, como "zonas de pizarras-filitas-esquistos". No reconoció un quiebre estratigráfico y consideró que el paso de filita a esquistos se realiza por obliteration de la estratificación ( $S_0$ ), debida a un desarrollo más penetrativo de clivaje de plano axial ( $S_1$ ), el cual acompaña a un metamorfismo algo más intenso (*op. cit.*, p. 61).

Según estudios posteriores (Godoy, 1970; Hervé, 1976, 1977; Kato, 1976; Gana, 1981; Gana y Hervé, 1983), dicho clivaje de plano axial no corresponde a un  $S_1$ , sino a un clivaje de crenulación ( $S_2$ ), ligado a un segundo plegamiento. Hervé (1976) relacionó su formación con procesos de subducción. La presencia de metacherts, serpentinitas y metabasaltos oceánicos, con anfíbola glaucofánica en la zona de esquistos, favorece dicha interpretación.

Los esquemas (A-C) de la figura 1 ilustran esta deformación y neocrystalización progresiva. Resalta en ellos el distinto grado de conservación de la primera foliación. Mientras en las pizarras (A) se presenta como fino clivaje crenulado, en algunos

semiesquistos, del borde oriental de la zona de esquistos (B), se expresa con bandeamiento cuarcítico, de orientación oblicua dentro de microlitones. Finalmente, en los esquistos (C),  $S_1$  se conserva sólo como microplegues, dentro de albitas nodulares.

### B. DEFORMACION Y METAMORFISMO PROGRESIVO EN EL ARCHIPIELAGO DE LOS CHONOS (44°-46° LAT. S)

Miller (1976) separó rocas devónicas flyschoides con ocasionales metacherts, que afloran en la mitad oriental del archipiélago, de un basamento esquistoso, preexistente y que aflora más al oeste. Hervé *et al.* (1981b), en cambio, reconocieron una situación análoga a la comentada entre Pichilemu y Nahuelbuta. Según Godoy *et al.* (1984), la transición entre secuencias flyschoides y esquistos se produce por acentuarse, hacia el oeste, un clivaje de crenulación, que causa el progresivo microplegamiento de la primera foliación, acompañado por solución por presión y neocrystalización. Según dichos autores los esquistos, que afloran hacia el oeste, representan niveles basales de un prisma de acreción, sometidos a deformación de cizalla más intensa durante una "etapa de convergencia destructiva".

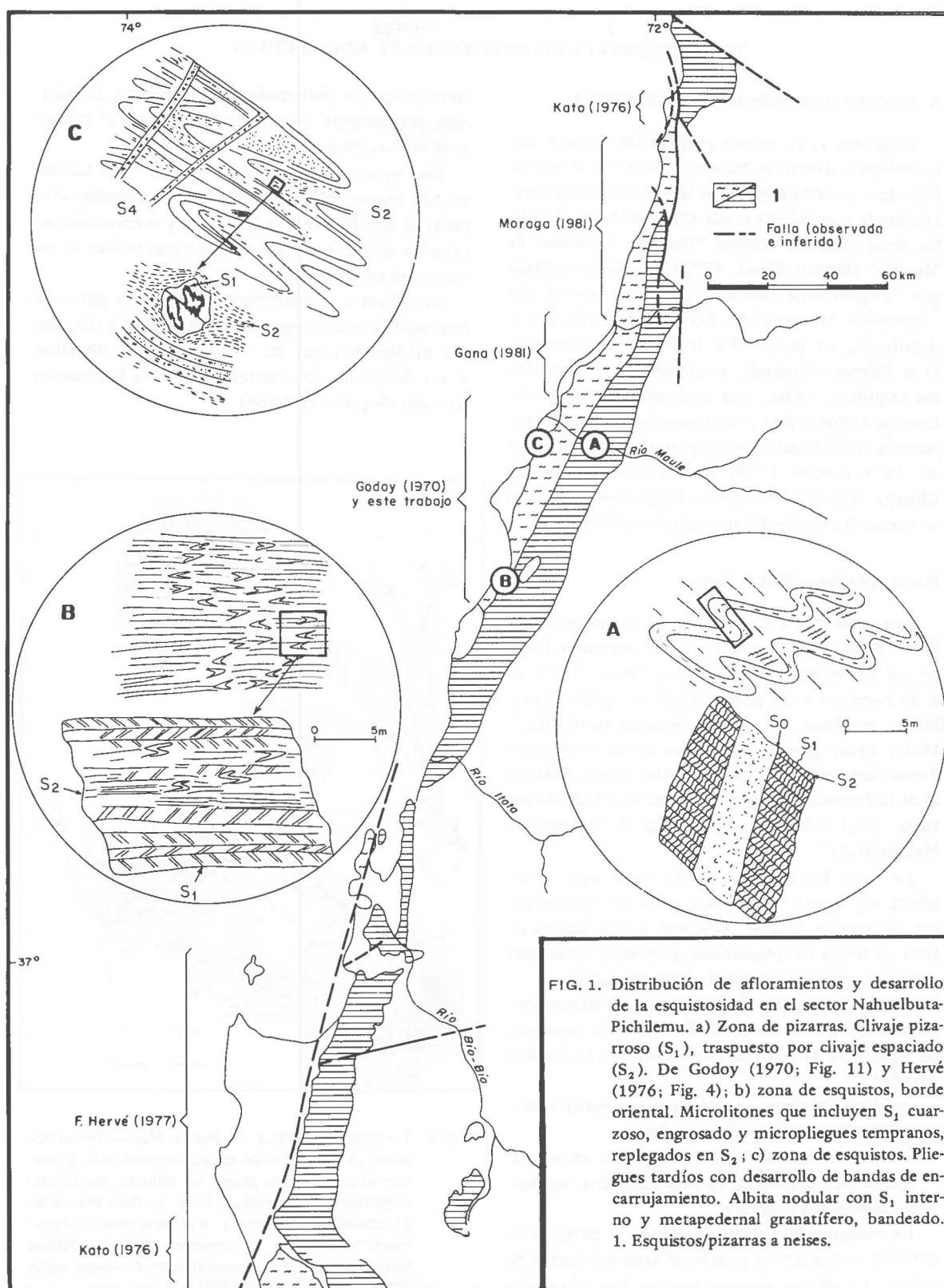


FIG. 1. Distribución de afloramientos y desarrollo de la esquistosidad en el sector Nahuelbuta-Pichilemu. a) Zona de pizarras. Clivaje pizarroso (S<sub>1</sub>), traspuesto por clivaje espaciado (S<sub>2</sub>). De Godoy (1970; Fig. 11) y Hervé (1976; Fig. 4); b) zona de esquistos, borde oriental. Microlitones que incluyen S<sub>1</sub> cuarzoso, engrosado y micropliegues tempranos, replegados en S<sub>2</sub>; c) zona de esquistos. Pliegues tardíos con desarrollo de bandas de encarrujamiento. Albita nodular con S<sub>1</sub> interno y metapedernal granatífero, bandeado. 1. Esquistos/pizarras a neises.

## TRANSICIONES CUESTIONADAS EN EL NORTE CHICO

## A. EL CASO DE LOS ESQUISTOS DE MINCHA

Esquistos y, en menor proporción, filitas y metaareniscas, afloran en Mincha, al norte de la desembocadura del Choapa y a lo largo de la costa entre Quebrada Las Palmas e Isla Chañaral (Figs. 2 y 3). Su denominación original "Pizarras cristalinas de Mincha" (Muñoz Cristi, 1973), ha sido cambiada por "Esquistos de Mincha" y, en la actualidad, por "Complejo Metamórfico del Choapa" (Rivano y Sepúlveda, en prep.). En la franja septentrional (Las Palmas-Chañaral), predominan ampliamente los esquistos verdes, con estructuras residuales de lavas de almohadillas y composición química semejante a la de basaltos toleíticos abisales (Hervé *et al.*, 1976; Godoy, 1979). En los afloramientos del Choapa (Fig. 2), en cambio, dicho tipo litológico se encuentra en mucho menor proporción.

## Punta Amolanas-Punta Toro

Los esquemas 2A y 2C (Fig. 2), de cortes transparentes en rocas de esta localidad, permiten discutir las observaciones de Muñoz Cristi, (1973, p. 6-7) respecto a un paso gradual de "grauwacas y lutitas arcillosas a cuarcitas micáceas bandeadas". Dicho autor agrupa estas rocas en su Formación Punta Amolanas, de "plegamiento fuerte, análogo al de la Formación Arrayán", pero de edad más antigua, igual a la que se le asigna al "Basamento Metamórfico".

La waca lítico-cuarzosa, de color ocre (2A), aflora adyacente, por el sur, a un filón subvertical, de rumbo N20°W, asociado a una brecha de falla. Además de plagioclasa, biotita y muscovita detritica, contiene líticos de filita crenulada.

En la alternancia de filitas grises y metaareniscas, adyacentes por el norte al filón (2B), se observan las siguientes diferencias con respecto a la muestra anterior:

- un clivaje pizarroso, paralelo a la estratificación.
- un incipiente clivaje de crenulación.
- las metaareniscas están compuestas exclusivamente por granos de cuarzo alargados, siguiendo la primera foliación.

La muestra 2C, obtenida 400 m al norte de la anterior, corresponde a un lente arenoso dentro de pelitas. En ella se observa que un fino clivaje de

crenulación ha obliterado, por completo, la foliación preexistente y comienza a disolver el cuarzo de la metaarenisca.

Este marcado contraste estructural entre las wacas sin mayor deformación ni recrystalizadas, ubicadas al sur del filón, y las filitas y metaareniscas, situadas al norte, se contraponen con la idea de un paso gradual entre ambas.

Las filitas y metaareniscas parecen ser parte de una unidad más antigua y más deformada (Esquistos de Mincha) que las "wacas líticas", ubicadas al sur del filón, y que serían parte de la Formación Arrayán (Sepúlveda, 1984).

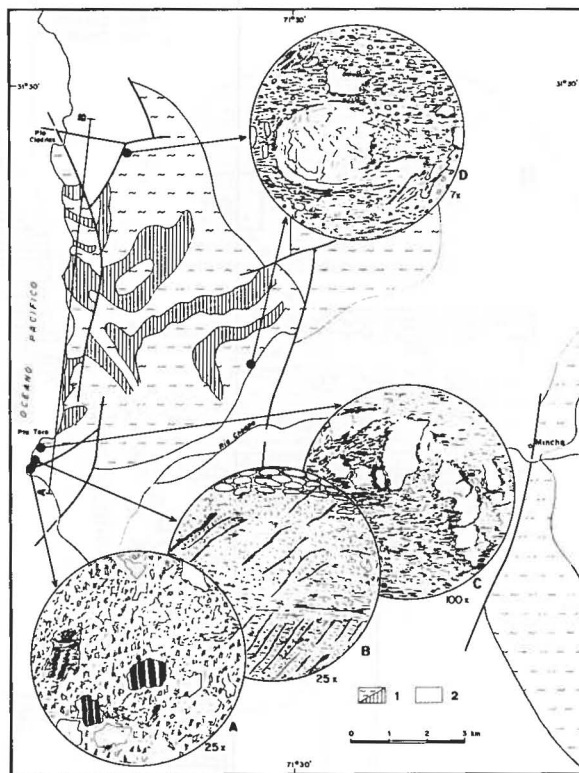


FIG. 2. Texturas en el área de Puerto Manso-Huentelauquén. a) Waca ocre de matriz recrystalizada; b) metaareniscas y filitas grises.  $S_2$  oblicuo, incipiente; c) metaarenisca gruesa en filita.  $S_2$  fino, avanzado; d) cataclasitas oclares. 1. Esquistos muscovíticos/esquistos verdes; 2. cobertura devónico-triásica (granitoides jurásicos hacia el este). Geología según Maass y Roeschmann (1971).

### Punta Claditas

En esa localidad, de acuerdo con estudios en curso (Rebolledo, en prep.), las grauwacas y pizarras de la Formación Puerto Manso (equivalente a la Formación Arrayán) muestran, en los 20 m adyacentes por el norte, a esquistos polideformados, una deformación y neocrystalización, que aumenta al acercarse al contacto con dichos esquistos. Esta recrystalización origina biotita en los sedimentos, mineral ausente en los esquistos.

Si bien el contacto está cubierto por una duna de reducida extensión (dentro de la cual aflora nuevamente un filón), las turbiditas adyacentes, por el norte, presentan un aspecto de filitas cuarcíferas, con pequeños repliegues, que no constituyen un nuevo clivaje. Mientras la foliación de las filitas corresponde al clivaje de plano axial de apretados pliegues de la estratificación, la foliación principal de los esquistos adyacentes por el sur es, por lo menos, un segundo clivaje. Esto se comprueba por la presencia de restos de una foliación anterior, en lentes de microlitones dentro de los esquistos. Cien metros más al sur, la foliación principal ocasionalmente presenta un plegamiento volcado hacia el sur, el cual origina un nuevo clivaje de crenulación (Fig. 4). Igual que en el caso de Punta Amolanas, en Punta Claditas, la observación de las relaciones entre ambas unidades indica como muy dudosa una relación de "transición" entre sedimentitas y esquistos.

### B. EL CASO DE QUEBRADA LAS PALMAS

Thiele y Hervé (1984) han elaborado una proposición de Hervé *et al.* (1976) en el sentido que los metaconglomerados asignados al Pérmico, del cauce inferior de la quebrada Las Palmas (Formación Totoral, Fig. 3), los cuales "coronan" a una asociación de esquistos pelíticos, metabasitas y mármoles polideformados, constituirían, junto con las rocas anteriores, parte de un prisma de acreción activo, probablemente desde antes del Carbonífero tardío hasta después del Pérmico temprano. Dichos autores consideran que las observaciones ya mencionadas de Muñoz Cristi (1942) en Punta Amolanas, y de Mundaca *et al.* (1979), en rocas pérmicas de Quebrada Mal Paso, permiten extender esta unidad tectono-estratigráfica hasta el área del río Choapa.

Los afloramientos de metaconglomerados, en Quebrada Las Palmas, se restringen, sin embargo, al vértice de una cuña entre fallas del sistema "megafallas Lacao-El Teniente" (Fig. 3). La recrystalización y deformación de los conglomerados pue-

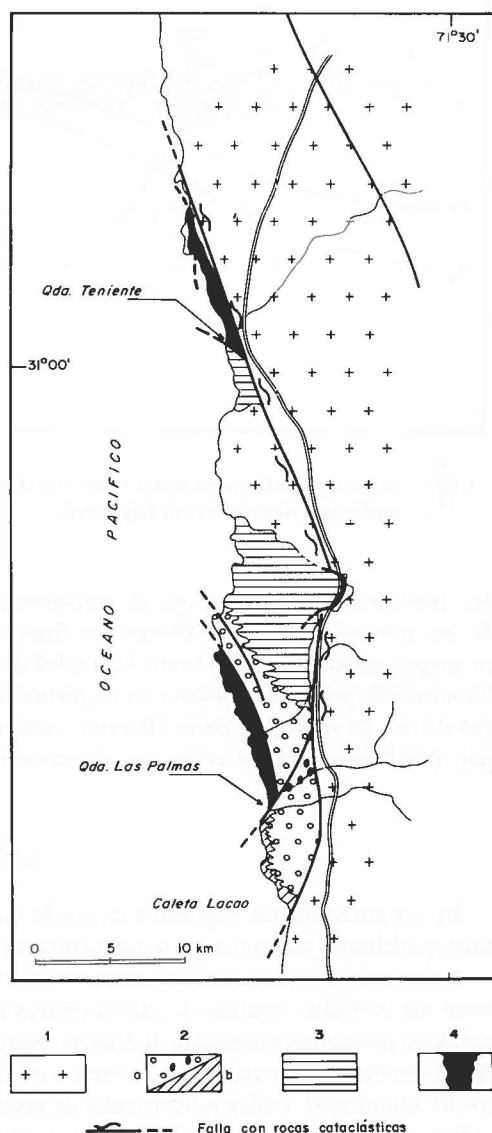


FIG. 3. Esquema geológico del área Bahía Teniente-Caleta Lacao. 1. Rocas graníticas; 2. Facies conglomerádicas (incluye metaconglomerados) facies turbidíticas; 3. Estratos Hornosillos (Triásico); 4. Rocas metamórficas.

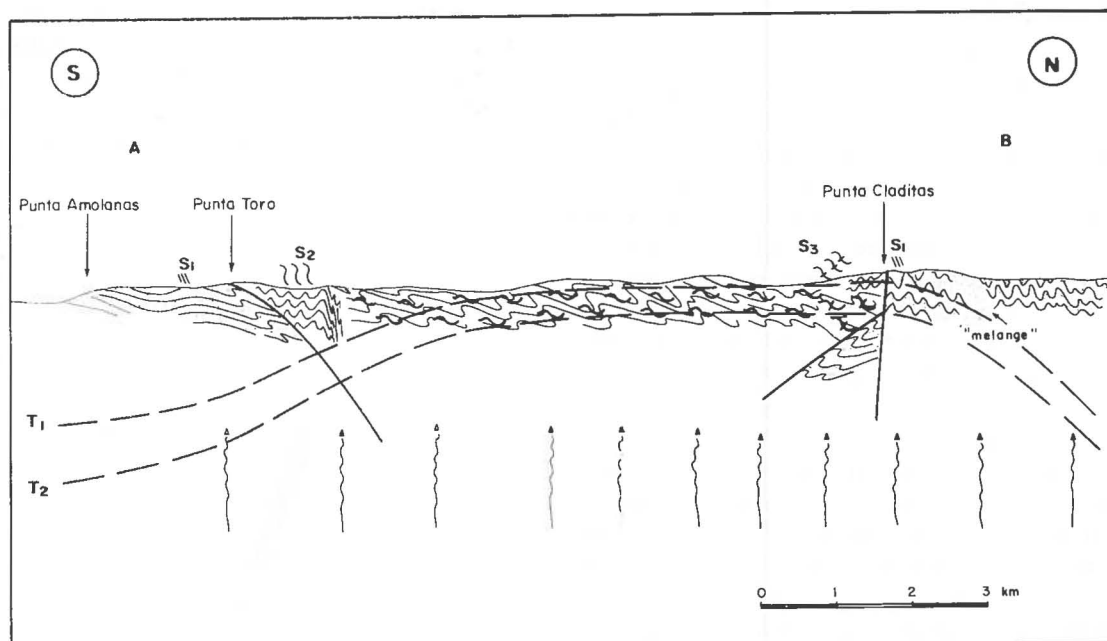


FIG. 4. Perfil esquemático norte-sur entre Punta Amolanas y Punta Claditas  $T_1$  y  $T_2$ : isotermas durante metamorfismo(s) post-devónico(s) de bajo grado.

de, también, relacionarse con el emplazamiento de los intrusivos jurásicos (Rivano y Sepúlveda, en prep.), presentes hacia el este. Una edad de 217 Ma, obtenida por dichos autores en esquistos incluidos dentro de estos intrusivos (Rivano, comun. oral), puede interpretarse como un rejuvenecimiento

parcial de su edad isotópica K-Ar. Los antecedentes disponibles para atribuir la deformación en los conglomerados a un metamorfismo relacionado a subducción, no parecen ser, tampoco en este caso, del todo convincentes.

#### LAS REFLEXIONES

De los antecedentes expuestos se puede recapitular y adelantar las siguientes consideraciones:

Las transiciones reconocidas como reales, en la zona sur de Chile, resultan de observaciones realizadas en numerosas transectas de franjas continuas de afloramientos, las cuales se extienden por cientos de kilómetros. Fallas subverticales de probable carácter inverso, sin embargo, eliminan partes de la zona de transición, tanto entre Quiriquina-Tumbes y Lago Lanalhue, como entre Pichilemu y Viñuquén (ver Fig. 1).

Fallas "calientes", asociadas a milonitas y cataclasitas, serían responsables, en cambio, del desarrollo local de metaconglomerados en Quebrada Las Palmas. La figura 2D ilustra dos casos de cataclasitas oclares, desarrolladas en fallas de rumbo

NE/SW, en el área de Mincha, las cuales explican la irregular yuxtaposición de esquistos y sedimentos allí observada. Son rocas oscuras, con escasos porfiroclastos y abundante matriz, con incipiente fluxión.

En Punta Amolanas-Punta Toro, el contraste ya comentado entre la petrografía, la intensidad de recrystalización y el número de deformaciones existente entre wacas y filitas-metaareniscas, permite considerar a estas últimas como una parte menos deformada y recrystalizada de un basamento metamórfico preexistente a la depositación de las wacas. Es recomendable, entonces, abandonar tanto el uso del término "Formación Amolanas", como el de "rocas sedimentarias que gradan a metamórficas" (Rivano y Sepúlveda, 1984), para las rocas de



este sector. Las wacas formarían parte de la Formación Arrayán y las metamorfitas se incluirían dentro de la unidad de Esquistos de Mincha más antigua.

Según Fonteilles y Guitard (1968), el mayor consumo de calor asociado a las reacciones endotérmicas, que ocurren en los sedimentos de la cobertura paleozoica en los Pirineos, originan un "efecto de zócalo" o "moldeo" de zonas metamórficas, alrededor de núcleos néisicos precámbricos. En Punta Claditas las geotermas habrían sido modificadas cerca del contacto esquisto-rocas sedimentarias, por un efecto semejante, durante el plegamiento (Carbonífero) de las turbiditas de la Formación Arrayán y/o durante el evento térmico reconocido en recientes dataciones, K-Ar, de los esquistos ( $284 \pm 9$ ;  $256 \pm 6$  Ma, en muscovita, Sepúlveda, 1984;  $267 \pm 12$  Ma, en anfíbola, Rivano y Sepúlveda, en prep.) (Fig. 4). La presencia, en los esquistos, de granates y anfíbola cloritizada, junto con porfiroblastos post-tectónicos de clorita (Miller, 1970; Tablas 7-1 y 8-2), se podría explicar por una recrystalización diaforética, ligada a dicho evento termal (efecto "disecante" del zócalo; Fonteilles y Guitard, 1968).

Es probable que los minerales metamórficos, detríticos, descritos en el basamento de Archipiélago de Los Chonos (Miller, 1976), resulten de canibalismo en cuñas solevantadas de un prisma de acreción. Esto no parece ser el caso para los líticos en grauwacas de Punta Toro (ver también Miller, 1970, p. 35) ya que, en este caso, constituye sólo una evidencia adicional a las ya comentadas, referente a la edad pre-devónica de los Esquistos de Mincha.

En las transiciones, al sur de Pichilemu, las zonas de esquistos han sido interpretadas como secciones basales de un prisma de acreción (Godoy *et*

*al.*, 1984). Las rocas metamórficas de Mincha y Quebrada Las Palmas, en cambio, pertenecerían a un primer prisma pre-devónico, sobre el cual se habrían acrecionado, marginalmente, a mediados del Carbonífero, turbiditas del Devónico-Carbonífero Inferior asociadas, al norte de Punta Claditas, con un "mélange" (Formación Arrayán). Sobre estas dos unidades se habría depositado luego, discordantemente, una secuencia clástica, carbonatada, entre el Carbonífero tardío y el Pérmico medio (Formaciones Huentelauquén y Totoral). Un desarrollo estratigráfico semejante ha sido propuesto por Sepúlveda (1984).

Incluir todas estas rocas en una sola unidad tectonoestratigráfica obliga a postular, en especial en el caso de los esquistos de Mincha, domos térmicos de irregular diseño, que habrían afectado, preferentemente, a los sectores que incluían basaltos oceánicos. Dichos domos tendrían que haber producido una elevación de temperatura mucho mayor que la considerada para el "efecto de zócalo". La variable orientación de las fallas, que controlan el diseño de los afloramientos de los esquistos de Mincha, oblicuas a la foliación principal, tampoco favorece una interpretación que las considere límites de cuñas de un mismo prisma de acreción.

#### REFLEXION ANEXA

Es probable que la ausencia de acreciones pre-devónicas, al sur de los  $34^\circ$  Lat. S y el reconocimiento de eventos cada vez más jóvenes hacia el extremo magallánico, se relacione con la superposición de orógenos hacia el suroeste, reconocida en Argentina (Miller, 1981). Cada adición de corteza en el margen pacífico puede haber alterado la distribución del flujo calórico continente adentro, gatillando eventos orogénicos.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto PICG 193, Silúrico-Devónico de Latinoamérica, y ha sido financiado por el Grant E 1702 de la Dirección de Investigación y Bibliotecas de la Universi-

dad de Chile. P. Sepúlveda, R. Charrier y S. Rebolledo han facilitado material de laboratorio y participado en interesantes discusiones de terreno. Se agradece también ayuda parcial del proyecto SLL.

#### REFERENCIAS

BERNARDES DE OLIVEIRA, M.E.; RÖSLER, O. 1980. Licófitas Paleozóicas do Chile. U.S.P. Vol. 11, No. 31-189, p. 43-49.

FONTEILLES, M.; GUITARD, G. 1968. L'effet de socle dans le métamorphisme. Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., Vol. 91 p. 185-206.

- FORSYTHE, R.; MPODOZIS, C. 1983.** Geología del basamento pre-jurásico superior en el archipiélago Madre de Dios, Magallanes, Chile. *Serv. Nac. Geol. Miner. (Chile)*, Bol. No. 39, 63 p.
- GANÁ, P. 1981.** Geología de la Cordillera de la Costa entre los ríos Mataquito y Maule. *Memoria de Título*, Univ. Chile, Depto. Geol., 171 p. Santiago.
- GANÁ, P.; HERVE, F. 1983.** Geología del Basamento Cristalino en la Cordillera de la Costa entre los ríos Mataquito y Maule, VII Región. *Rev. Geol. Chile*, No. 19-20, p. 37-56.
- GODOY, E. 1970.** Estudio petrográfico del Granito de Constitución y su aureola de Metamorfismo. *Memoria de Título*, Univ. Chile, Depto. Geol., 130 p. Santiago.
- GODOY, E. 1979.** Metabasitas del Basamento Metamórfico: Nuevos datos geoquímicos. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 2, Actas, Vol. 3, p. E133-E148. Arica.
- GODOY, E.; DAVIDSON, J.; HERVE, F.; et al. (en prensa).** Deformación sobreimpuesta y metamorfismo progresivo en un prisma de acreción paleozoico: Archipiélago de Los Chonos, Aisén, Chile. *In Congr. Geol. Argent.*, No. 9, Actas. Bariloche, Argentina, 1984.
- GONZALEZ-BONORINO, F. 1970.** Series metamórficas del Basamento Cristalino de la Cordillera de la Costa, Chile Central. *Univ. Chile, Depto. Geol., Publ.*, No. 37, 68 p.
- HERVE, F. 1976.** Superimposed folding and metamorphism in the Laraquete-Colcura area (metamorphic basement of central Chile). *In Neuere Ergebnisse der geologischen Erforschung Lateinamerikas* (Miller, H.; ed.), Münster. *Forsch. Paläontol.*, No. 38-39, p. 99-110.
- HERVE, F. 1977.** Petrology of the crystalline basement of the Nahuelbuta Mountains, south-central Chile. *In Comparative studies on the geology of the Circum-Pacific orogenic belt in Japan and Chile* (Ichikawa, T.; Aguirre, L.; eds.), Jap. Soc. Promot. Sci., p. 1-51, Tokyo, Japan.
- HERVE, F.; GODOY, E.; DEL CAMPO, M.; et al. 1976.** Las metabasitas del basamento metamórfico de Chile central y austral. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 1, Actas, Vol. 2, p. F175-F187. Santiago.
- HERVE, F.; NELSON, E.; KAWASHITA, K.; et al. 1981a.** New isotopic ages and the timing of orogenic events in the Cordillera Darwin, Southernmost Chilean Andes. *Earth Plant. Sci. Lett.*, Vol. 55, No. 2, p. 257-265.
- HERVE, F.; MPODOZIS, C.; DAVIDSON, J.; et al. 1981b.** Observaciones estructurales y petrográficas en el basamento metamórfico del archipiélago de Los Chonos, entre Canal King y Canal Ninualac, Aisén. *Rev. Geol. Chile*, No. 13-14, p. 3-16.
- HERVE, F.; KAWASHITA, K.; MUNIZAGA, F. et al. 1982.** Edades Rb/Sr de los cinturones metamórficos pareados de Chile Central. *In Congr. Geol. Chileno* No. 3, Actas, Vol. 2, p. D116-D135. Concepción.
- KATO, T.T. 1976.** The relationship between low-grade metamorphism and tectonics in the Coast Ranges of Central Chile. Ph.D. Thesis, Univ. California, 120 p. Los Angeles.
- MAASS, R.; ROESCHMANN, C. 1971.** Über die präandine Entwicklung am Beispiel der südlichen Provinz Coquimbo. *Münst. Forsch. Geol. Paläont.*, No. 20/21, p. 101-148.
- MILLER, H. 1970.** Vergleichende Studien an prämesozoischen Gesteinen Chiles unter besonderer Berücksichtigung ihrer Kleintektonik. *Geotektonische Forsch.*, No. 36, 64 p.
- MILLER, H. 1976.** El basamento de la provincia de Aysén (Chile) y sus correlaciones con las rocas premesozoicas de la Patagonia Argentina. *In Congr. Geol. Argent.*, No. 6, Actas, Vol. 1, p. 125-141. Bahía Blanca.
- MILLER, H. 1981.** Paläozoische und frühmesozoische Orogenesen am Pazifischen Rand Gondwanas. *Geol. Rundsch.*, Vol. 70, p. 519-528.
- MUNDACA, P.; PADILLA, H.; CHARRIER, R. 1979.** Geología del área comprendida entre Quebrada Angostura, Cerro Talinai y Punta Claditas, Provincia de Choapa, IV Región, Chile. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 2, Actas, Vol. 1, p. A121-A161. Arica.
- MUNIZAGA, F. 1967.** Geocronología de los esquistos del sur de Chile. *In Jornadas de Trabajo*, Resúmenes, Inst. Invest. Geol., p. 36-37. Santiago.
- MUÑOZ CRISTI, J. 1942.** Rasgos generales de la constitución geológica de la Cordillera de la Costa, especialmente en la Provincia de Coquimbo. *In Congr. Panam. Ing. Minas y Geol.*, An., Vol. 2, p. 285-318. Santiago.
- MUÑOZ CRISTI, J. 1973.** Geología de Chile. Pre-Paleozoico, Paleozoico y Mesozoico. Ed. Andrés Bello, 209 p. Santiago.
- RIVANO, S.; SEPULVEDA, P. 1983.** Hallazgo de foraminíferos del Carbonífero Superior en la Formación Huentelauquén. *Rev. Geol. Chile*, No. 19-20, p. 25-35.
- SEPULVEDA, P. 1984.** Geología del Paleozoico en la zona de la costa del Norte Chico. *In Seminario de Actualización de la Geología de Chile* (Serv. Nac. Geol. Miner.; ed.) Misc. No. 4, 442 p. Santiago.
- TAVERA, J. 1983.** Noticias sobre la presencia de Gaptoloides en rocas del Basamento Cristalino (Formación Lumaco, Lat. 38° S). *Impr. Gráfica*. Santiago.
- THIELE, R.; HERVE, F. 1984.** Sedimentación y tectónica de antearco en los terrenos preandinos del Norte Chico de Chile. *Rev. Geol. Chile*, No. 22, p. 61-75.