

DISCUSSION ABOUT THE TECTONIC-PALEO GEOGRAPHIC SETTING OF THE ANDEAN CHAIN DURING THE PRECAMBRIAN AND THE PALEOZOIC

DISCUSION DE LA ORGANIZACION TECTONICO-PALEO GEOGRAFICA DE LA CADENA ANDINA EN EL PRECAMBRICO Y PALEOZOICO

JOSE FRUTOS J.

Departamento de Geociencias, Universidad de Concepción, Casilla 3-C

La presente Cordillera Andina está constituida por una mezcla de rocas de diversas edades, aflorando en cinturones que en general se orientan paralelos a la actual cordillera, lo cual demuestra principalmente el efecto de la tectónica Plio-Cuaternaria (Alzamiento Andino). Sin embargo, de ninguna manera esos cinturones representan la orientación estructural de antiguos episodios. La Cadena Andina es el producto de la superposición de sucesivos sistemas geosinclinales desde el Precámbrico, cada uno de los cuales presenta sus propias características de dirección estructural y paleogeográficas (Auboin et al., 1973; Audebaud et al., 1973; Aguirre et al., 1974; Frutos & Tobar, 1975).

En la evolución fanerozoica del borde occidental y sub-occidental de la placa Americana se puede observar que el fenómeno de superimposición (y aún destrucción o "asimilación") de sucesivos sistemas orogénicos sobre los precedentes, es predominante al fenómeno de acreción cortical, en los Andes Centrales, contrariamente a lo que ocurre en los extremos septentrional y meridional.

Podemos notar que, en la placa gondwánica, es posible separar dos tipos de cadenas orogénicas o cinturones móviles: a) aquellos que se desarrollan dentro de la placa misma (aulacógenos o intracratónicos) (Wernick et al., 1979), los cuales parecen ser importantes en el Precámbrico, y b) aquellos que se han desarrollado en el borde de la placa gondwánica (pericratónicos, pericontinentales), sin que ello signifique necesariamente acreción, que tienen especial importancia en la historia fanerozoica del sistema Andino. (Fig. 1 y Fig. 2).

Parece ser que las zonas corticales continentales que han resultado de un verdadero fenómeno de acreción, serían aquellas correspondientes al extremo sur de Sud-América (los Andes Patagónicos y a la Península Antártica). En esas regiones una cadena Paleozoica a partir de un arco islándico se habría desarrollado sobre corteza oceánica y luego se habría acrecionado al continente. En cambio la cadena de los Andes Centrales, habría tenido un desarrollo de arco islándico y cuenca marginal, más tempranamente, ya en el Precámbrico. La cadena paleozoica (arco magmático y cuenca de tras-arco), se habría desarrollado principalmente sobre una corteza continental pre-existente, en forma similar a lo que ocurre con las rocas "andinas" Mesozoico-Cenozoicas las cuales aparecen prácticamente todas desarrolladas sobre corteza continental, con excepción de los dos extremos, norte y sur (la cadena colombiano-panameña y la cadena magallánica, respectivamente), las cuales en parte, se desarrollaron sobre corteza oceánica, y significaron un proceso de acreción. En los Andes Centrales un gran proceso de acreción se consolidó en el

Proterozoico. Desde el Paleozoico las condiciones han sido de sobreimposición y re-asimilación, pero en gran medida también de destrucción.

MAPA PALEOGEOGRAFICO EVOLUTIVO DEL BORDE CONTINENTAL DEL SUROESTE DE SUD-AMERICA
EN EL PROTEROZOICO Y PALEOZOICO INFERIOR

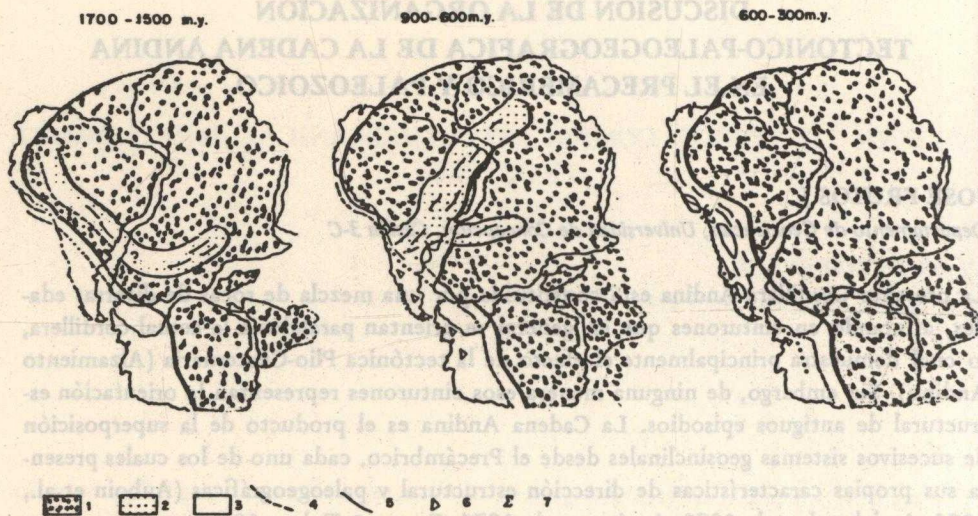


Fig.1. Paleogeographic evolution scheme of the "Andean" gondwanic continental border during the proterozoic and paleozoic.

1. Gondwanic continental areas; 2. Intracratonic basin; 3. Marine pericratonic basins;
4. Volcanic-Magmatic arc; 5. Tectonic-structural lineations; 6. Accretion zones; 7. Tectonic super imposition zones.

Fig.1. Esquema paleogeográfico evolutivo del borde "Andino" gondwanico durante el proterozoico y paleozoico.

1. Areas Continentales Gondwanicas; 2. Cuencas intracratónicas; 3. Cuencas marinas pericratónicas;
4. Arco volcánico-magmático; 5. Lineaciones tectónico-estructurales; 6. Zonas de acreción; 7. Zonas de sobre imposición tectónica.

En cuanto a la posible organización paleogeográfica del Precámbrico Andino, la distribución de afloramientos y sus características geológicas permiten postular ya en el Proterozoico Inferior la existencia de un primitivo sistema activo en el borde continental en el cual el arco magnético-volcánico y la zona eugeosinclinal en general —"Arco Pampeano"— correspondió posiblemente a la línea: Macizo de Arequipa - Sierras Pampeanas y probablemente se conectó con el correspondiente cordón activo en Africa Meridional. Asociada a este arco se habría desarrollado una cuenca sedimentaria en parte tipo cuenca marginal sobre corteza oceánica, aunque parte del sistema, al menos en la zona más externa de los Andes Centrales, fue epicontinental. Este sistema habría culminado hacia el comienzo del Proterozoico Superior anexándose a la masa continental gondwánica. (Fig. 3).

Es posible que durante el Proterozoico Superior y parte del Paleozoico Inferior se haya desarrollado un segundo arco magmático - volcánico —"Arco Patagónico"— el cual se

ESQUEMA DE LA EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA-TECTONICA DE LOS ANDES CENTRO-MERIDIONALES

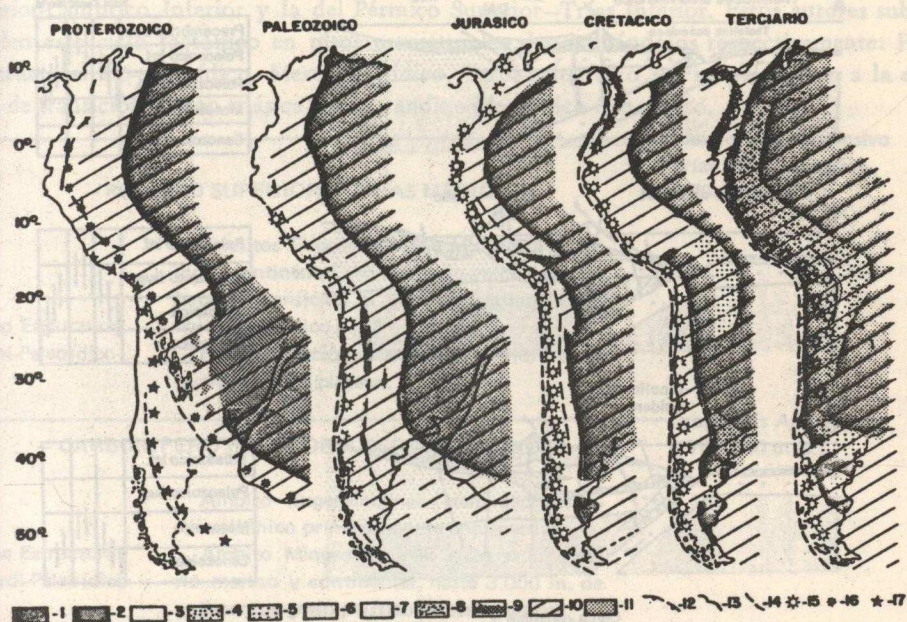


Fig. 2. Scheme of the paleogeographic-tectonic evolution in the Central - Meridional Andes.

Fig. 2. Esquema de la evolución paleogeográfica-tectónica en los Andes Centrales y Meridionales.

1. Rocas magmático-volcánicas del Proterozoico Superior; 2. Zonas continentales emergidas; 3. Cuencas marinas en márgenes de placa activos; 4. Cuencas continentales; 5. Cuencas marino-continental epicontinentales; 6. Magmatismo tholeiítico; 7. Magmatismo calcoalcalino básico a intermedio; 8. Rocas (magmático-volcánicas) del Proterozoico temprano; 9. Zonas de malange y de acreción de corteza oceánica; 10. Basamento siálico; 11. Cuencas intracratónicas (la Cuencas Transamazónica); 12. Dorsal (o mesodorsal) miogeanticlinal; 13. Cinturón de volcanismo shoshonítico; 14. Paleofosa; 15. Arco volcánico-magmático (dorsal eugeanticlinal); en el Proterozoico tardío; 17. Arco (dorsal eugeanticlinal) Patagónico.

emplazaría con una dirección NNW - SSE en la línea Macizo Patagónico - Islas Malvinas. La parte norte de ese arco, que con una dirección NNW coincidiría aproximadamente con la Cadena Andina en la línea de Arequipa-Belén, se habría desarrollado sobre corteza oceánica, significando acreción a la placa continental gondwánica existente. Frutos y Tobar (1975) y Frutos (1976) postularon la existencia de un doble arco, sin embargo, para el Paleozoico Inferior. Ramos et al. (1984) plantean la existencia de un sistema de subducción y correspondiente arco magmático durante el Paleozoico Inferior emplazado en la franja de las Sierras Pampeanas occidentales en el NW Argentino, al cual posteriormente se acrecionaron terrenos alóctonos que venían desde el oeste precedidos por una dorsal oceánica que suturó dejando como evidencia la larga y delgada franja de rocas máficas y ultramáficas, sobre la cual Kay et al. (1984) plantean adicionalmente la posibilidad de que correspondan simplemente a basaltos de retroarco.

En cuanto al sistema andino durante el Paleozoico señalaremos primero algunas consideraciones generales sobre la organización tectónico-estratigráfica Paleozoica.

Borrello (1969) y Frutos & Ferraris (Mapa Tectónico de Chile, 1973) basándose en

ESQUEMA DE LA EVOLUCION TECTONICA ANDINA

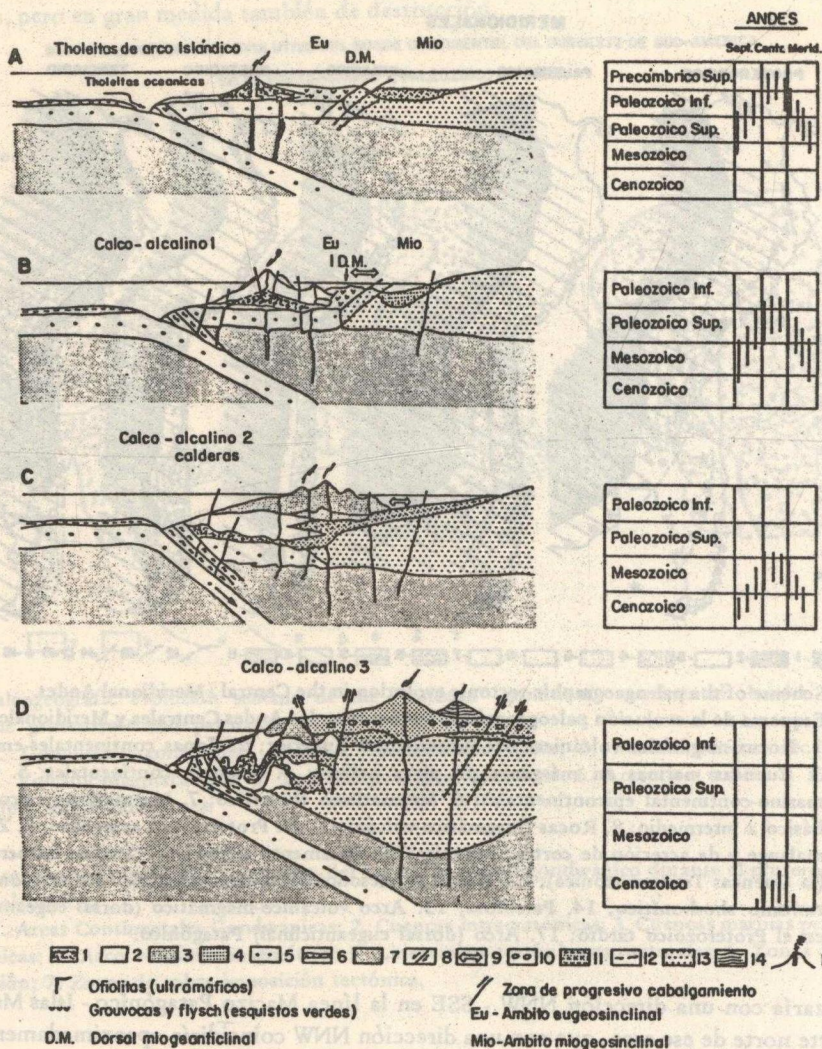


Fig. 3. Scheme of the Andean tectonic evolution. 1. Island-arc tholeiites; 2. Tholeiitic-cal alkaline transitional magmatism; 3. Basic to intermediate (diortitic) calco-alkaline magmatism; 4. Intermediate to acidic (Qz. Monzonit. Granitic) calco-alkaline magmatism; 5. Oceanic crust; 6. Pelagic sediments; 7. Upper Mantle; 8. Extensional structures; 9. Compressive-tensional succession of tectonic events; 10. Continental sediments; 11. Marine miogeosynclinal sediments; 12. Accretion melanger; 13. Old continental crust; 14. Shoshonitic alkaline magmatism; 15. Volcanic arc.

Fig. 3. Esquema de la evolución tectónica Andina. 1. Toleita de arco de islas; 2. magmatismo transicional toleítico calcoalcalino; 3. magmatismo básico a intermedio calco-alcalino; 4. Magmatismo calco-alcalino intermedio a ácido; 5. Corteza Oceánica; 6. Sedimentos plágicos; 7. Manto Superior; 8. Estructuras distensivas; 9. Sucesión de eventos compresivos-distensivos; 10. Sedimentos continentales; 11. Sedimentos miogeosinclinales marinos; 12. Melange de acreción; 13. Corteza continental antigua; 14. Volcanismo shoshonítico; 15. Arco volcánico.

el anterior, definieron como "Ciclo Tectónico Paleoídico" al ciclo geológico correspondiente al desarrollo geosinclinal paleozoico en el borde sudoccidental de Sud-América limitado entre dos grandes etapas de emersión y peneplanización: la del Precámbrico Superior-Cámbrico Inferior y la del Pérmico Superior-Trías Inferior. Estos autores subdividen este ciclo tectónico en pisos estructurales denominándolos respectivamente: Piso estructural Eo-paleoídico, Meso-paleoídico, Tardi-paleoídico y Fini-paleoídico a la etapa de transición permo-triásica al ciclo andino Mesozoico-Cenozoico.

— PERMICO SUPERIOR A TRIAS MEDIO

Diastrofismo Distensivo
Trías Medio-Superior
(200 - 195 m. a.)

Ambitos Eugeosinclinal y Miogeosinclinal: ciclo continental sedimentario-volcánico que hace la transición al Sistema Andino Mesozoico-Cenozoico.

Piso Estructural
Fini-Paleoídico

Peneplanización y volcanismo riolítico y queratófiro de plateau.

— CARBONIFERO INFERIOR A PERMICO MEDIO

Orogénesis Apalachiana
(270 - 240 m. a.)

Ambito Eugeosinclinal: ciclo sedimentario-volcánico principalmente continental.

Piso Estructural
Tardi-Paleoídico

Ambito Miogeosinclinal: ciclo sedimentario marino y continental, hasta 3.000 m. de sedimentos greso-pelíticos y carbonáticos.

— SILURICO INFERIOR A DEVONICO MEDIO-SUPERIOR

Orogénesis Acadiana
(365 - 340 m. a.)

Ambito Eugeosinclinal: ciclo sedimentario marino regresivo, con intercalaciones volcánicas.

Piso Estructural
Meso-Paleoídico

En el ámbito miogeosinclinal, ciclo sedimentario de gran potencia (hasta 5.000 m. en algunas regiones).

Culmina con fenómenos de regresión sedimentaria y emersión parcial de la dorsal mio-geoanticlinal.

— CAMBRICO A ORDOVICICO MEDIO-SUPERIOR

Orogénesis Tacónica
(435 - 450 m. a.)

Ambito Eugeosinclinal: etapa de vacuidad sucedida por ciclo sedimentario transgresivo con intercalaciones volcánicas en parte tholeiíticas y emplazamiento de cordones ofiolíticos.

Piso Estructural
Eo-Paleoídico

Ambito Miogeosinclinal: ciclo sedimentario detrítico en parte continental en el Cámbrico Inferior sucedido por ciclo sedimentario marino de gran potencia y extensión. Cámbrico Medio-Superior y Ordovícico (hasta 8.000 m. en zonas de más espesor).

Orogénesis Balkaliana-Assyntica
(570 - 610 m. a.)

Los antecedentes geológicos actualmente disponibles nos permiten diferenciar tres grandes episodios sedimentarios limitados o separados por orogenias (pisos estructurales, que caracterizan el desarrollo geológico-tectónico durante el Paleozoico) y una etapa o piso estructural de transición al ciclo Andino Mesozoico-Cenozoico. Estos pisos estructurales son reconocibles prácticamente en la totalidad del ámbito andino. Ellos son:

**PERFIL ESQUEMATICO DE LA EVOLUCION TECTONICA DEL GEOSINCLINAL PALEOZOICO
EN LOS ANDES MERIDIONALES (32° - 42° LAT. S.)**

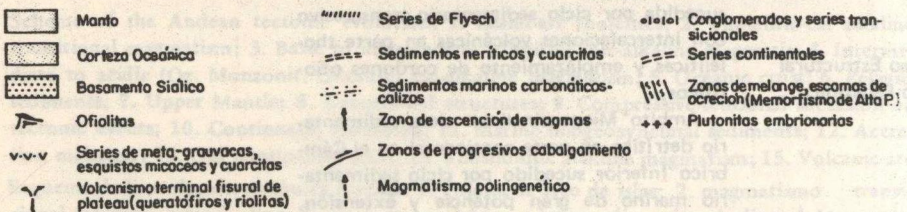
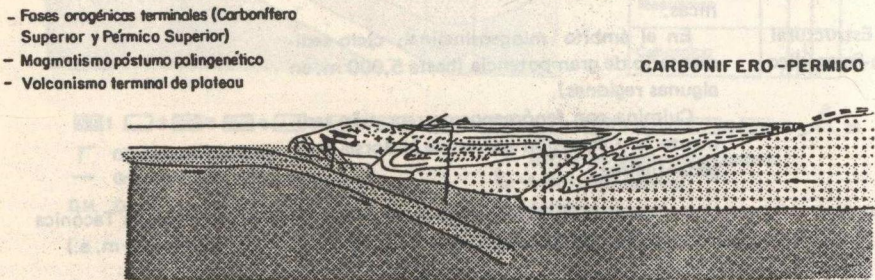
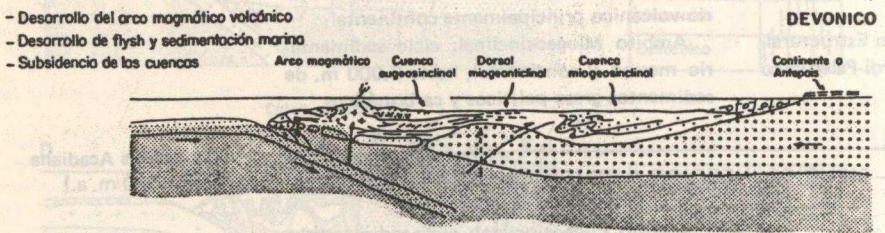
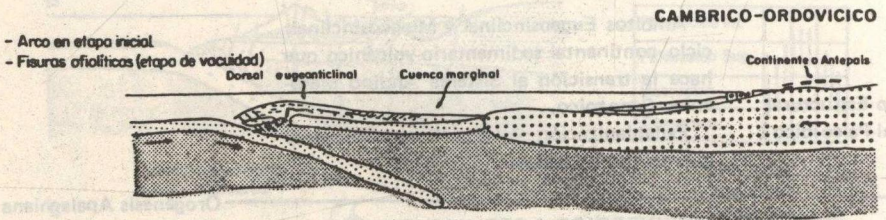


Fig.4. Scheme of the tectonic evolution of the Paleozoic geosyncline in the meridional Andes. (32° - 42° S.Lat.).

Fig.4. Esquema de la evolución tectónica del geosinclinal paleozoico en los Andes Meridionales (32° - 42° Lat. S.).

Después de los trabajos de síntesis tectónica de Harrington, H. (1962), Cecioni, G. (1970), Mégard (1978), Marocco et al. (1971), Borrello (1969), Audebaud et al. (1973), Aubouin et al. (1973), Frutos & Tobar (1973), Frutos & Alfaro (1985), Ramos et al. (1984), Kay et al. (1984), se puede considerar que el sistema Paleozoico en Los Andes Centro-Meridionales se desarrolló como un ciclo tectónico completo entre el Cámbrico y el Pérmico Superior-Triásico Inferior. Paleogeográficamente se puede distinguir.

a) "Un ámbito eugeosinclinal" (localizado principalmente en el territorio chileno, el oeste del Perú y el extremo oeste de Argentina) que se caracteriza por el predominio de rocas graníticas batolíticas (zona de evolución del arco islándico-magmático), secuencias de meta-volcánicas básicas y complejos ultramáficos (cordones ofiolíticos) y secuencias de flysch en el eje de la cuenca eugeosinclinal. En algunas áreas del borde más occidental al oeste del arco, se han descrito rocas de melange y meta-volcanitas toleíticas con metamorfismo en facies de esquistos azules que gradan a facies de esquistos verdes. que podrían interpretarse como rocas de acreción de corteza oceánica en las cercanías de paleozonas de subducción (Hervé et al. 1974; Hervé, 1976; Godoy, 1979). En este sentido, pensamos que una paleozona de subducción correspondiente al sistema paleozoico se elongaba sub-paralela a la cuenca en las cercanías de la costa actual (Frutos & Tobar, 1975). (Figs. 3, 4, y 5).

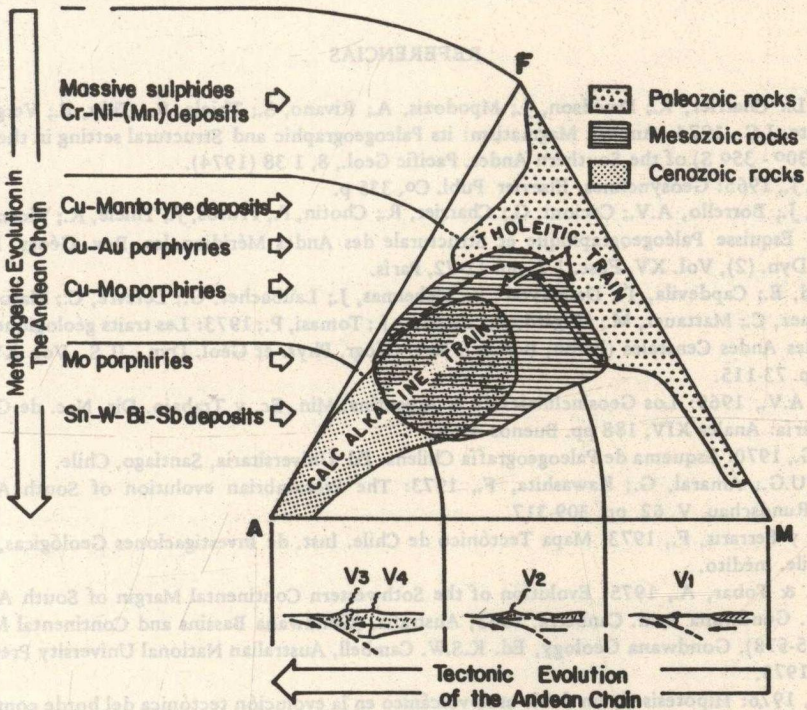


Fig.5. AFM diagram of the Meridional Andes Eugeosynclinal paleozoic rocks and comparison with the evolution trends to the mesozoic and cenozoic rocks.

Fig.5. Diagrama AFM de las rocas paleozoicas eugeosinclinales de los Andes meridionales y su comparación con las tendencias de evolución de las rocas mesozoicas y cenozoicas.

b) "Un ámbito miogeosinclinal", (localizado principalmente en territorio boliviano y argentino) que se caracteriza por pobreza y/o la ausencia de magmatismo intrusivo, la predominancia absoluta de potentes series sedimentarias marinas y el carácter subordinado o la ausencia de volcanismo. Estas unidades rocosas aparecen poco afectadas por metamorfismo, y no aparecen afectadas por la gran superimposición tectónica del sistema Andino Mesozoico-Cenozoico, que se emplaza principalmente sobre el ámbito eugeosinclinal paleozoico antes mencionado. (Fig. 3 y Fig. 4).

La cuenca eugeosinclinal y la cuenca miogeosinclinal hacia el Paleozoico Superior aparecen separadas por una zona sub-positiva, parcialmente emergida, formada por la línea Macizo de Arequipa-Dorsal de las Sierra Pampeanas-Dorsal Patagónica, que se puede definir, siguiendo la terminología de Aubouin (1965) como la dorsal miogeanticlinal en el Paleozoico Andino (Frutos, 1985). (Fig. 4). Esta estructura desaparece en la etapa de peneplanización con que termina el ciclo, haciendo la transición al Ciclo Andino (Mesozoico Cenozoico).

A grandes rasgos la evolución petrológico-geoquímica en el ámbito del arco volcano-magmático en los Andes Centro Meridionales, en las áreas de superposición tectónica, varía desde un sistema tholeiítico en el Paleozoico a un sistema calcoalcalino básico a intermedio en el Mesozoico y a un sistema calcoalcalino intermedio a ácido en el Cenozoico (Fig. 3 y Fig. 5).

REFERENCIAS

- Aguirre, L.; Charrier, R.; Davidson, J.; Mpodozis, A.; Rivano, S.; Thiele, R.; Tidy, E.; Vergara, M.; Vicente, J.-C., 1974: Andean Magmatism: its Paleogeographic and Structural setting in the Central Part (30° - 35° S) of the Southern Andes. *Pacific Geol.*, 8, 1 38 (1974).
- Aubouin, J., 1965: *Geosynclines*. Elsevier Publ. Co. 335 p.
- Aubouin, J.; Borrello, A.V.; Cecioni, G.; Charrier, R.; Chotin, P.; Frutos, J.; Thiele, R.; Vicente, J.-C., 1973: *Esquisse Paléogéographique et Structurale des Andes Méridionales*. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.* (2), Vol. XV, Fasc. 1-2, pp. 11-72, París.
- Audebaud, E.; Capdevila, T.; Dalmayrac, B.; Debelmas, J.; Laubacher, G.; Lefevre, C.; Marocco, R.; Martínez, C.; Mattauer, M.; Megard, F.; Paredes, J.; Tomasi, P.; 1973: *Les traits géologiques essentiels des Andes Centrales (Pérou, Bolivie)*. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, II S., Vol. XV, Fasc. 1-2, pp. 73-115.
- Borrello, A.V., 1969: *Los Geosinclinales de la Argentina*. Min. Ec. y Trabajo. Dir. Nac. de Geología y Minería: *Anales XIV*, 188 pp. Buenos Aires.
- Cecioni, G., 1970: *Esquema de Paleogeografía Chilena*. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.
- Cordani, U.G.; Amaral, G.; Kawashita, F., 1973: *The Precambrian evolution of South America*. *Geol. Rundschau*, V. 62, pp. 309-317.
- Frutos, J. y Ferraris, F., 1973: *Mapa Tectónico de Chile*. Inst. de Investigaciones Geológicas, Santiago, Chile. Inédito.
- Frutos, J. & Tobar, A., 1975: *Evolution of the Southwestern Continental Margin of South America*. III Int. Gondwana Sym. Canberra, 1963, Australia. (Gondwana Bassins and Continental Margins, 39, 565-578). *Gondwana Geology*, Ed. K.S.W. Cambell, Australian National University Press, Canberra, 1975.
- Frutos, J., 1976: *Hipótesis de un doble arco volcánico en la evolución tectónica del borde continental Sud-Occidental de América del Sur, durante el Paleozoico*. *Actas I Congr. Geol. Chileno*. pp. B69-B71, Santiago, Universidad de Chile.
- Frutos, J. y Alfaro, F., 1985: "El Complejo Ofiolítico del ámbito eugeosinclinal Paleozoico en la Cordillera de la Costa del Sur de Chile". IV Congr. Geol. Chileno, Actas, pp. 332-369.
- Frutos, J., 1985: *Discusión de la evolución y la organización tectónica de la Cadena Andina en el Precámbrico y Paleozoico*. in: *Geología y Recursos Minerales de Chile*, ed. Frutos, J.; Oyarzún, R. y Pincheira, M. Universidad de Concepción, 1985.

- Godoy, E., 1979: Metabasitas del Basamento Metamórfico Chileno, nuevos datos geoquímicos, Actas II Congr. Geol. Chileno, Inst. Invest. Geológicas, Arica, pp. E133-E148.
- Herve, F.; Munizaga, F.; Godoy, E. & Aguirre, L., 1974: Late Palaeozoic K-Ar ages of blueschists from Pichilemu, Central Chile. Earth Plan. Sci. Lett., 23, pp. 261-264.
- Herve, F., 1976: Superimposed folding and metamorphism in the Laraquete-Colcura area (metamorphic basement of Central Chile), Münster Forsch. Geol. Paläont., 38/39, pp. 99 - 110.
- Kay, S.; Ramos V.; Kay, R., 1984: Elementos mayoritarios y trazas de las vulcanitas ordovícicas de la Precordillera occidental: Basaltos de rift oceánico temprano (?) próximos al margen continental IX Congr. Geol. Argentino, Bariloche, Actas II: 48-65.
- Marocco, R., 1971: Etude géologique de la Chaîne Andine au niveau de la déflexion d'Abancay, (Pérou). Cah. O.R.S.T.O.M., Sér Géologie. Vol. III, No. 1, pag. 45-57.
- Megard, F., 1978: Etude Géologique des Andes du Pérou Central. Mémoires O.R.S.T.O.M. No. 86, 310 pp., París.
- Megard, F.; Dalmayrac, B.; Laubacher, G.; Marocco, R.; Martínez, C.; Paredes, J. et Tomasi, P., 1971: La Chaîne hercynienne au Pérou et en Bolivie: premiers résultats. Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Géol. (3), 1, pp. 5-44, París.
- Ramos, V.; Jordan, T.; Allmendinger, R.; Kay, S.; Cortés, J.; Palma, M., 1984: Chilenia: un terreno alóctono en la evolución Paleozoica de los Andes Centrales. IX Congr. Geol. Argentino, Bariloche, Actas II: 84-106.
- Wernick, E.; Herve, F.; Jaramillo, J.; Caminos, R., 1979: America do Sul: Um exemplo de predominio de Regeneracao da Crosta Sialica sobre Acrecao Lateral. Actas. II Congr. Geol. Chileno, T. 1, pp. B47-B62, Inst. Invest. Geol., Arica, Chile.