

CADENAS ANDINAS Y CADENAS ALPINAS: OBSERVACIONES SOBRE LA GEOLOGIA DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES EN EL PARALELO DE LA ARGENTINA CENTRAL

Por JEAN AUBOUIN (*) y ANGEL V. BORRELLO (**)

RESUMEN

Los autores han viajado por los Andes (1965) y los Alpes (1966) a fin de tener una idea conjunta de índole geotectónica que permita brindar los resultados de una comparación reciente sobre la organización y desarrollo de ambas estructuras.

Los Alpes se adecuan al régimen ortogeosinclinal clásico por su evolución y magmatismo. Los Andes en la Argentina central y Chile, vecino, aparecen como un marginal ambiente liminar (Argand), pericratónico. Una afinidad es evidente entre ambas cadenas especialmente en lo que concierne a la deformación pliocuaternaria que afectara a las mismas con la formación de cuencas falladas rellenadas con series terrígenas potentes.

Son analizados los aspectos estructurales de la región andina de Mendoza y Neuquén correspondiente a la Cordillera Principal y expuestos los caracteres salientes de su tectónica de zócalo con sistemas de fallas en compresión (Paleógeno-Mioceno) y sistemas similares en extensión (Plio-Cuaternario). Una rápida visión de la estratigrafía sirvió de base a la exposición tectónica.

Fueron señalados los rasgos geológicos de la Precordillera, Cordillera Frontal y Cordillera Costanera de Chile que se asocian al substratum de la Cordillera Principal.

Se analizan en el trabajo paralelamente algunos caracteres paleogeográficos que interesan para la historia del continente sudamericano.

ABSTRACT

The present authors have visited the Andes (1965) and the Alps (1966), in search of the geotectonical data necessary for the comparison of the evolution and development of these structures.

(*) Laboratorio de Geología General, Facultad de Ciencias, Sorbona, París.

(**) División Geología, Facultad de Ciencias Naturales, La Plata, Argentina.

Taking into account the evolution and magmatism, the Alps pertain to the classical orthogeosyncline regime. While the Andes, in central Argentina and neighbouring Chile appear as a pericratonic, marginal, liminal environment (Argand). These two mountain chains show certain resemblances, especially concerning the plio-quaternary deformation that effected both with the development of fault basins filled with thick terrigenous series.

A structural analysis has been made in the Andean region of Mendoza and Neuquen which belongs to the Cordillera Principal and the salient features, regarding the substratum's tectonic with its corresponding compression (Paleogene-Miocene) and extension (Plio-Cuaternario) fault systems, are put forward. The tectonic exposition is based on a rapid stratigraphical observation.

The geological features that associate the Precordillera, Cordillera Frontal and Cordillera Costanera with the substratum of the Cordillera Principal, are pointed out.

This paper also deals with certain paleogeographical aspects that are important for the Southamerican continent's history.

PRIMERA PARTE

INTRODUCCION

La Cordillera de los Andes, uno de los sistemas montañosos más interesantes del globo, bordea la faja occidental de los cratones de América del Sud y se conecta al Norte con el sistema Caribe, de dirección O-E, a partir de Venezuela y al Sud, con el sistema que desde Tierra del Fuego a la Tierra de Graham por las Georgia del Sud y las Orcadas del Sud, forma un arco comparable al de los Caribes (las "Antillas meridionales" de E. Suess). En su parte principal toma la dirección N-S, siempre con una desviación al nivel de Perú meridional y de Bolivia que corresponde al ensanchamiento máximo de la cadena. De esta suerte, en Argentina y Chile, forma un conjunto bien individualizado donde se encuentran, por otra parte, las máximas alturas (Aconcagua, 7.040 m).

Este magnífico edificio debe sus alturas, esencialmente, a una tectónica de fracturas, reciente, sobre todo Plio-Cuaternaria, caracterizada por dos juegos de fallas en extensión, clásicamente acompañadas de desplazamientos horizontales laterales (desenganches) importantes; este último carácter ha sido admitido antes que demostrado, según el ejemplo precedente de California. Pero, anteriormente, en el curso del Mesozoico y del Terciario, conoció una evolución característica de un *ciclo andino* sensiblemente contemporáneo del *ciclo alpino*, en tanto que son numerosos los trazos de ciclos preandinos habiendo deformado los terrenos paleozoicos y más antiguos, anteriormente al Triásico: la orogénesis hercínica fue sin duda alguna, importante en ciertos sectores; pero ignoramos el papel *exacto del ciclo caledónico*, suponiendo que hubiere habido

uno. En todo caso, es necesario separar bien el ciclo andino de los ciclos anteriores a fin de tratar la parte que es original de la evolución mesozoica y terciaria de la Cordillera.

I — El antepais

1. En la región considerada, el cratón sudamericano está dividido en dos por una cadena hercínica de dirección SE-NO encontrándose los testimonios en la parte sur de la provincia de Buenos Aires: Sierra de la Ventana (1.243 m) al Norte de Bahía Blanca donde se encuentra el remanente más importante, afectada por un intenso plegamiento alabeado hacia el Nordeste, de edad hercínica tardía dado que deforma las capas del Pérmico inferior. Las formaciones de la Sierra de la Ventana son sucesivamente, sobre el Precámbrico: en discordancia, un Silúrico representado primero por conglomerados de base y alrededor de 1.500 m de cuarcitas (Grupo Curamalal): en transgresión sobre el Silúrico, un Devónico inferior bajo forma de 1.200 m de gravas, cuarcitas, grauvacas (Grupo de la Ventana); en transgresión sobre el Devónico, un Pérmico inferior representado por más de 4.000 m de sedimentos terrígenos (Grupo de Pillahuincó) comprendiendo sucesivamente alrededor de 800 m de psamitas y cuarcitas que pasan a tilitas (Formación Sauce Grande), 300 m de lutitas calcáreas (Formación Piedra Azul), alrededor de 3.000 m de areniscas y lutitas con *Glossopteris*, *Gangamopteris* y *Eurydesma* en la base (Formación Bonete), *Glossopteris* y *Gangamopteris* solamente en la cima (Formación las Tunas).

La Sierra de la Ventana forma parte del sistema tectónico de la provincia de Buenos Aires (A. V. Borrello, 1965) que comprende (fig. 1): dos cadenas evidenciadas por dos juegos de fallas, la Sierra de la Ventana que ya hemos citado y la Sierra de Tandil (524 m), ésta formada simplemente por cuarcitas ordovícicas, transgresivas sobre el Precámbrico, que han quedado horizontales; dos depresiones sedimentarias ocultas a la observación pero reveladas por los sondeos y los estudios geofísicos: la fosa del río Salado al Norte, rellena por 6.000-7.000 m de sedimentos correspondiendo 3.000-4.000 m. de Paleozoico y 2.000-3.000 m de Terciario con un poco de Mesozoico; la fosa del río Colorado al Sur, de la misma naturaleza. Esta disposición corresponde por lo tanto a una evolución relativamente reciente superpuesta a una evolución hercínica testimoniada esencialmente por la Sierra de la Ventana.

2. Se oponen así al Norte un escudo brasileño del que aflora la parte sur en la Argentina septentrional y en Uruguay, y un escudo patagónico que constituye el resto de Argentina meridional.

El conjunto forma el antepais de la Cordillera en la que se encuentran singulares series paleozoicas en las provincias de Mendoza y San Juan que se ubican en el alineamiento del sistema hercínico de la provincia de Buenos Aires, en tanto que al Norte, como al Sud, la Cordillera parece enfrentar directamente el zócalo precámbrico. Tenemos pues la impresión que el ciclo andino se ha dispuesto oblicuamente por relación con las direcciones del ciclo hercínico; pero ante todo de los argumentos, sólo se tienen indicios.

Estos dos escudos atestiguan una gran estabilidad en el transcurso de los tiempos fanerozoicos: la cubierta sedimentaria primaria, secundaria o terciaria, ha quedado horizontal. En el transcurso del ciclo andino (Mesozoico y Cenozoico), los grandes acontecimientos fueron: grandes derramamientos basálticos de origen fisural del Trias-Jurásico sobre inmensas superficies del Brasil meridional y vulcanismo ácido; la primera transgresión marina del Cretáceo medio a superior sobre la costa nordeste de Brasil y en el límite Cretácico-Terciario sobre el borde nordeste del escudo patagónico, primeros indicios de la existencia de un Atlántico sur que nada indica hasta entonces (1).

II — La Cordillera

1. Los hundimientos plio - cuaternarios determinan en la Cordillera una serie de depresiones submeridionales que permiten distinguir satisfactoriamente de Este a Oeste:

- una *Cordillera Costanera* que bordea el Pacífico en Chile;
- una *Cordillera Principal* que, en el límite entre Chile y Argentina presenta las alturas máximas (6.000 m del centro al Norte-Aconcagua, 7.040 m y 3.000 m hacia el Sur);
- una *Cordillera Frontal*, desarrollada solamente hacia el Norte a partir de San Rafael (5.000 m de altura media);
- una *Precordillera*, aún más septentrional, a partir de Mendoza (4.000 m de altura media);
- finalmente, más al Norte, a partir de La Rioja, las deformaciones afectan el antepaís fuera de la Cordillera: así se tienen las *Sierras Pampeanas*, generalmente de vastos pliegues simples (teniendo 4.000 m y más de altura).

En consecuencia, la Cordillera se hace más estrecha (de aproximadamente 600 km a menos de 200 km) y más baja (de más de 6.000 m a menos de 3.000 m) de Norte a Sud; esta inflexión axial está señalada por la inmersión progresiva de la costa chilena que se convierte en un archipiélago a partir del paralelo 42° L. S. Las direcciones estructurales se mantienen siempre y, por ejemplo, la isla Chiloe está separada de la costa por la prolongación del *valle longitudinal* hundido (ef. infra).

La Cordillera Costanera y la Cordillera Principal están particularmente bien individualizadas en la comparación considerada: una vasta depresión limitada por fallas, rellena por varios millares de metros de sedimentos del Plio-Cuaternario, de un ancho medio de 50 km, escasos, sobre más de 1.000 km de largo, de Santiago de Chile

(1) Esto se explica por pertenecer los escudos sudamericanos al "continente de Gondwana", lo que evidencia analogías de las series sedimentarias con las de Africa meridional, como la presencia de tillitas en el Permo-Carbonífero de la Sierra de la Ventana y también según veremos en la Precordillera de Mendoza. Desde este punto de vista, el Atlántico sur nace por distensión del Mesozoico, muy tardíamente.

Igualmente, notaremos que los vastos derramamientos de basaltos fisurados, a partir del Triásico, son un rasgo común en la historia de los diferentes continentes nacidos del Condwana, bien comprendidos en el cuadro de una distensión.

al Norte a Puerto Montt al Sud y, sin duda, más allá: es el "valle longitudinal" de Chile.

La Cordillera Frontal está separada de la Precordillera por una serie de depresiones también destacadas aunque de menor importancia; se trata más exactamente de una sucesión de cuencas plio-cuaternarias limitadas por fallas y más o menos diferenciadas una de otras: cuencas de Uspallata, de Calingasta, etc. (lámina fuera de texto, E, G).

Como veremos, son la *Cordillera Costanera* y la *Cordillera Principal* las que forman el edificio andino propiamente dicho; la *Cordillera Frontal* y la *Precordillera* están, efectivamente constituidas por terrenos preandinos (Paleozoico de la Precordillera) o intermedios entre los ciclos preandinos y el ciclo andino (Triásico que forma lo esencial de la Cordillera Frontal donde muestra a veces su substratum paleozoico, y que se encuentra esporádicamente en la precordillera coronando el Paleozoico, sobre la cumbre). En el fondo, *la Precordillera y la Cordillera Frontal son paneles del antepaís elevados (hasta los 6.000 m) por la tectónica de fallas plio-cuaternarias.*

2. Hacia el Sur, el sistema considerado pasa la *Cordillera Patagónica* que hace la transición con el sistema de Tierra del Fuego y las Orcadas, de tal suerte que las direcciones paleogeográficas, sensiblemente N-S, son algo oblicuas en relación a este edificio montañoso, orientado ligeramente NNE-SSO. Así, de Norte a Sur, la cuenca mesozoica de la Cordillera aparece en la Argentina un poco al Norte del Aconcagua y se desenvuelve ampliamente antes de terminarse hacia el Sur en la provincia de Neuquén; de la misma forma, los terrenos de la Cordillera Costanera van a formar la cadena faltante a partir del mismo paralelo de Neuquén (región de Bariloche, por ej.) ya que, más al Sur, a continuación, sobre la vertiente chilena, después ganando progresivamente la vertiente argentina, se desarrolla el nuevo sistema de la Cordillera Patagónica.

Es así que el sector analizado en la presente nota corresponde a un edificio autónomo, de una longitud alrededor de los 1.000 km, donde la tectónica de fallas plio-cuaternarias ha elevado partes características del ciclo andino (Cordillera Costanera, Cordillera Principal), como también partes del antepaís en el Norte (Cordillera Frontal, Precordillera, Sierras Pampeanas).

SEGUNDA PARTE

ESTRATIGRAFIA

I — Los terrenos preandinos

El *Precámbrico* forma esencialmente los escudos brasileño y patagónico. Pero se lo encuentra igualmente expandido en la Cordillera, especialmente en los esquistos antiguos que forman la armadura de la

Cordillera Costanera de Chile; junto al Paleozoico comprobado y datado, existirían terrenos precámbricos (o, más exactamente infracámbricos).

Los *terrenos paleozoicos* reaparecen en la base de la serie mesozoico y están particularmente desarrollados en la Cordillera Frontal y sobre todo en la Precordillera.

De este modo, en la Precordillera de San Juan y Mendoza, han sido reconocidos la mayoría de los niveles paleozoicos (lámina fuera de texto, A a H, sobre todo E):

— el Cámbrico que, por sobre sus niveles inferiores recientemente descubiertos (a A. V. Borrello, 1963), comprende una poderosa formación de calcáreos y dolomías con sílex del Cámbrico medio coronados por niveles de brechas calcáreas;

— el Ordovícico, en el que los niveles inferiores faltan, transgresivo en la base (a partir del Caradoc en San Isidro, cerca de Mendoza); está representado por una serie calcárea, lutítica y areniscas, más o menos rítmica, con figuras de corrientes (San Isidro) o lutitas con graptolites (valle de San Juan) en el que se intercalan formaciones de pillow-lavas (cerca de Calingasta);

— el Silúrico, formado por lutitas verdosas, en discordancia sobre el Ordovícico, con un nivel de esquistos rojos, en la parte media;

— el Devónico, constituido por una formación flyschoides de areniscas y lutitas, grauvacas, alternando de manera más o menos rítmica;

— el Carbonífero, representado por una potente serie de lutitas intercaladas con tillitas en su parte superior, en la región de Mendoza; y contrariamente, por una formación de conglomerados, areniscas y lutitas rojas en facies molásica, en la región de San Juan.

El conjunto de estos terrenos ha sido afectado por la orogénesis hercínica acompañada de granitización: los plutones graníticos supracrustales emplazados penebran hasta las sedimentitas carboníferas de la región comprendida entre San Rafael y Mendoza (lám. fuera de texto, G.); por el contrario, faltan más al Norte, en la Precordillera hacia San Juan donde el Paleozoico es únicamente sedimentario. En uno y otro caso, la discordancia del Triásico subraya la orogénesis hercínica.

Es difícil reconstruir la organización del edificio hercínico: teniendo en cuenta su oblicuidad en relación con la Cordillera, que ya hemos mencionado (cf. p. 11), se podría suponer que *la región de Mendoza es más interna que la región de San Juan*; también se explicará, en esto último, la ausencia de granitos carbóníferos y, por el contrario la presencia de molasas rojas pudiendo anunciar la antefosa, más ampliamente desarrollada hacia La Rioja (fig. 2 y lám. fuera de texto, A a C) donde el Carbonífero, que conserva su facies de areniscas y esquistos rojos, reposa directamente sobre el Precámbrico. Más al Norte, en la provincia de Catamarca, ya no hay Paleozoico marino y a menudo la "Precordillera" está formada por el zócalo precámbrico: el antepaís hercínico está allí.

En conjunto, las facies del Paleozoico semejan a las conocidas en Europa por ejemplo, las facies areno-esquistosas rítmicas del Devónico recuerdan las series de grauvacas flyschoides de las cadenas

hercínicas de Europa. El estilo de deformaciones tectónicas es semejante. Por el contrario, no parece que hubiese allí metamorfismo general hercínico: la orogénesis fue acompañada solamente de la intrusión en su lugar de plutones graníticos supracrustales aureolados por el metamorfismo de contacto. Esta particularidad que se repetirá en el curso del ciclo andino, subraya la originalidad de la Cordillera hercínica; siempre menor en magnitud que la Cordillera andina, mesozoica y terciaria.

Ciertamente, es difícil llegar a una conclusión respecto a lo concerniente a la existencia o no de un ciclo caledónico: los argumentos faltan casi en su totalidad. Solamente algunos indicios permiten suponerlo: presencia de pillow-lavas intercaladas en el Ordovícico (región de Calingasta; fuera de texto E); aparición de esquistos rojos en el Silúrico que recuerdan una emersión, o al menos la proximidad de una región emergida (valle del río San Juan, fuera de texto E); transgresiones frecuentes en la base del Devónico. Pero esto es un conjunto de detalles que no permiten llegar a la conclusión sobre la existencia o no de un edificio caledónico, aún menos de reconocer una eventual organización geotectónica.

II — Los terrenos andinos

1. *El Permo-Triásico* asegura la transición entre los terrenos del ciclo hercínico, sobre los que están en discordancia, y los del ciclo andino. Su individualidad se debe a su facies continental acompañada de importantes erupciones de riolitas y porfiritas que adquieren su mayor desarrollo, sobre varios miles de metros de espesor, en la Cordillera Frontal.

A. En la *Precordillera* donde las manifestaciones son más escasas en relación, puede reconocérselas, como el valle del río Mendoza (lám. fuera de texto H):

— el Pérmico, representado esencialmente por masas importantes de andesitas y riolitas con intercalaciones en una formación brechosa potente de alrededor de los 500 m (Formación Choiyoy);

— el Triásico, formado sucesivamente por: 400 m de fanglomerados rojos discordantes sobre el Pérmico (Formación Río Mendoza); 600 m de areniscas, lutitas y sedimentitas piroclásticas en parte de color rojo (Formación Las Cabras); 400 m de areniscas, lutitas y conglomerados grisáceos (Formación Potrerillos); 100 m de esquistos bituminosos azulados y bentonitas, con plantas y peces (Formación Cacheuta); 350 m de arcillas rojas formando badlands (Formación Río Blanco);

— finalmente, importantes derramamientos basálticos pertenecientes al límite Triásico-Liásico, extensivos en Uspallata (Agua de la Zorra).

Estas facies se encuentran en proximidad de las del antepaís, o, como en las Sierras Pampeanas de La Rioja (lám. fuera de texto A a C), el Pérmico (200 m) y el Triásico (300 m) tienen la facies de areniscas continental roja superponiéndose a un Carbonífero de facies análoga (cf. *supra*); en tanto que el techo del Triásico permanece coronado por derramamientos basálticos.

B. En la *Cordillera Frontal*, el Permo-Triásico, que permanece continental, adquiere un gran desarrollo; las facies volcánicas se desarrollan allí considerablemente, a través de riolitas y porfiritas que pueden formar masas enormes. Importantes erupciones basálticas coronando el todo en la Precordillera, en Uspallata sobre el camino internacional por el Paramillo al poniente. Es el Triásico quien constituye la culminación del esqueleto de la Cordillera Frontal (lámina fuera de texto, G, I).

C. Bajo las mismas facies, se encuentran aún el Permo-Triásico en la *Cordillera Principal*, al menos sobre la vertiente argentina, en la base de la serie Jurásica-Cretácica (lámina fuera de texto K).

D. Por lo contrario, en la *Cordillera Costanera* de Chile, la serie permo-triásica parece reducirse solamente al nivel de Triásico superior, transgresivo sobre los esquistos paleozoicos (o más antiguos) bajo una facies de conglomerados, lutitas y areniscas intercaladas por rocas volcánicas. Pero este Triásico superior es marino, ya que próximo a la costa se encuentran plantas y niveles de carbón. Los afloramientos de Triásico reconocidos hasta el momento son escasos (provincia de Coquimbo, especialmente); por que generalmente son los niveles jurásicos los directamente transgresivos sobre el Paleozoico (como ocurre en la región de La Calera, cerca de Valparaíso).

El dominio de la Cordillera está pues individualizado por el Permo - Triásico, bajo forma de una gran cuenca volcánica continental, comprendida entre el antepaís por una parte y la región costera, por otra, desprovisto de Permo-Triásico marino. Con el Triásico superior, la transgresión marina aparece sobre la costa pacífica; ella denota la presencia, más general, del Jurásico. En tanto que los basaltos del zócalo del Triásico en la Precordillera y las Sierras Pampeanas parecen el eco del mismo episodio volcánico que encontramos sobre el escudo brasileño (en Argentina, provincia de Misiones, sobre todo) y, más generalmente, en las formaciones de Gondwana.

La distribución de facies no están siempre diferenciadas sino las que nombramos en el paralelo de Mendoza; así, hacia el Sur, en las provincias de Neuquén y Río Negro, las facies vulcanógenas complejas del Triásico (riolitas, andesitas, basaltos, etc.) avanzan sobre el antepaís (lámina fuera de texto M). *Desde el Tránsito, pues, las zonas isópicas andinas son ligeramente oblicuas en relación a la Cordillera actual*; como lo serán en el curso del Jurásico, del Cretácico y del Terciario y como lo han sido ya en el Paleozoico.

2. *El Jurásico y el Cretácico* están sobre todo desarrollados en la Cordillera Principal caracterizándola y, accesoriamente, en la Cordillera Costanera; faltan en la Cordillera Frontal y en la Precordillera.

A. *Sobre la vertiente argentina* de la Cordillera Principal, en parte sobre el paralelo de Chos Malal (lám. fuera de texto K), la serie estratigráfica sería la siguiente:

— Liásico, bajo forma de tobas y pelitas negras, superponiéndose al Triásico por un nivel de aglomerados; se intercalan niveles de brechas volcánicas que recuerda las facies del Liásico sobre la vertiente chilena;

— Dogger, representado sucesivamente por una barra de calcáreos, después, nuevamente, lutitas negras del Bayociense-Bathoniense-Calloviense; la potencia de estas "tierras negras" del Liásico-Dogger (Formación Cuyo) es alrededor de los 1.000 m);

— un primer nivel de yesos y calcáreos, de una potencia variable de 20 a 100 m, de edad Oxfordiense a Kimmeridgiense (Formación Auquilcó);

— areniscas y lutitas rojas continentales, de edad Kimmeridgiense, de una potencia de 350 m (Formación Tordillo);

— Tithónico, bajo forma de lutitas grises con Ammonites, de unos 400 m;

— Neocomiano y Barremiano inferior representado por alrededor de 800 m de lutitas calcáreas grises con Ammonites; en la parte superior de esta formación, los niveles son más calcáreos en relación a la base del Neocomiano y del Tithónico (Tithónico -Neocomiano = Formación Mendoza);

— un segundo nivel con bancos de yesos a menudo más delgado que el precedente, de alrededor de 25 m de espesor y de edad Barremiense superior (parte de la Formación Huitrín) -de varios centenares de metros al pasar a una formación de areniscas y lutitas continentales alternadas, de edad Aptiense-Cenomaniense-Turonense (Formación Rayoso);

— una potente serie de areniscas rojas continentales, con reptiles, de edad Senoniense (Formaciones Diamante y Neuquén) ligeramente discordantes entre sí y sobre las formaciones anteriores y extendiéndose en ancho sobre el antepaís patagónico en la vasta cuenca de Neuquén. (lám. de texto M);

— finalmente, una serie de calcáreos marinos, de edad Paleocena (Formación Malargüe) que testifica un retorno del mar.

Cierto número de caracteres de esta secuencia Jurásica-Cretácica de la vertiente argentina deben ser subrayadas.

a) En primer lugar, *la facies de esta serie desprovista de vulcanitas es de tipo "externo"*; en cierta medida, las tierras negras del Liásico y el Dogger no lo son sin recordar las de la misma edad que encontraremos nuevamente en el delinado de los Alpes occidentales; lo mismo las facies del Neocomiano recuerdan las de la zona del delinado y más precisamente de la fosa vocontiana.

Esto está confirmado por el hecho de que, hacia el Este, las facies marinas se hacen continentales y luego desaparecen: así como sucede en la Formación Cuyo del Liásico-Dogger que pasa a las lutitas y areniscas violáceas (por ej., Sierra de Reyes, entre Chos Malal y Malargüe) desapareciendo después; y de la misma Formación Mendoza del Tithónico-Neocomiano, mientras que la Formación Diamante del Senoniano, continental, termina por reposar directamente sobre el Permo-Triásico (cuenca de Neuquén —lám. fuera de Texto M—), hasta el Precámbrico (General Roca —lám. fuera de texto M—). La cuenca argentina depende por lo tanto del Pacífico y los cratones sudamericanos son precisamente su antepaís. Hay por lo tanto dos excepciones:

— en el Kimmeridgiense, que se hace marino yendo hacia el Este (representado, por ejemplo por lutitas y areniscas verdes en la re-

gión de la laguna Auquilco al Este de Chos Malal — lám. fuera de texto K—);

— en el Paleoceno, que continúa siendo representado por facies marinas sobre el borde norte del escudo patagónico exactamente sobre las riberas del Atlántico actual.

En el segundo caso, no hay duda que el Paleoceno establece la comunicación con el Océano Atlántico, lo que determina un gran cambio en la paleogeografía de la Cordillera que, hasta entonces dependía del Pacífico; el fenómeno es menos claro en el Kimmeridgiense, si bien, sería posible. Este problema es de capital importancia ya que él fijaría una edad más precoz que la comunmente admitida para la formación del Atlántico Sud (las primeras formaciones marinas transgresivas sobre el escudo brasileño son de edad Cretácico medio a superior en el Brasil y, sobre el escudo patagónico de edad Paleoceno).

b) Señalaremos seguidamente que una parte de estas formaciones es continental lo cual señala una tendencia a la emersión, relativamente anticipada, marcada por los dos niveles de yesos del Oxfordiense a Kimmeridgiense y del Barremiense superior y las formaciones continentales rojas que los suceden, areniscas Kimmeridgienses (Formación Tordillo), areniscas y esquistos del Cretácico medio (Formación Diamante-Neuquén). Todavía discutible de emersión sin tectonización es el Kimmeridgiense, concordante sobre los niveles inferiores, como el Cretácico medio sobre el Cretácico inferior; aun más, el Senoniense es ligeramente discordante sobre el Cretácico medio y concluirá por reposar sobre el Fermo-Triásico y después en el Precámbrico (fuera de texto, M).

B. Sobre la vertiente chilena de la Cordillera Principal la sucesión de la serie sedimentaria es semejante: un nivel de yeso caliovo-oxfordiano a kimmeridgiano siempre presente; un nivel de yeso barremiano esporádico; formaciones kimmeridgiense continentales; formaciones cretácicas medio y superior continentales; en tanto que las formaciones intermedias son marinas: Lias, Dogger, Malm inferior por una parte, Malm superior-Cretácico inferior (hasta el Barremiense incluido, excepcionalmente el Aptiense) por otra parte.

Pero toda la serie tiene intercalaciones de potentes masas de rocas volcánicas en todos los niveles, Lias, Dogger, Malm y Cretácico superior, submarinas o continentales, según los casos. Todos los tipos volcánicos están representados entre los basaltos y espilitas por una parte y las riolitas por otra; pero son las andesitas las que predominan bajo una facies de porfiritas. El conjunto de estas formaciones volcánicas jurásicas y cretácicas pueden alcanzar una potencia de varios millares de metros tanto sobre la vertiente chilena de la Cordillera Principal como en la Cordillera Costanera.

Existen diferencias entre una y otra: la serie es más completa en la Cordillera Principal que en la Cordillera Costanera donde existen lagunas importantes.

a) En la Cordillera Principal (W. Zeil, 1964), la serie está representada por:

— una primera formación volcánica, arenoso-conglomerádica, de un espesor alrededor de los 1.600 m y que parece corresponder al Lias, al Dogger y a la base del Malm (Formación Nacientes de Tenó);

— una potente formación volcánico-sedimentaria, continental, donde predominan las brechas volcánicas, de un espesor de 3.000 a 5.000 m y de edad Kimmeridgiense (Formación Río Damas);

— una serie margoso-calcáreo-areniscosa, espesa, de alrededor de 1.400 m, desprovista de intercalaciones volcánicas, correspondientes al Tithónico (Formación Leñas Espinoza);

— una formación calcáreo-margosa-areniscosa, con algunas intercalaciones de brechas volcánicas en su base, de un espesor de 800 m, extensiva del Tithónico superior al Hauteriviense (Formación Baños del Flaco);

— una potente serie volcánica de 2.500 a 6.000 m de espesor, llevando en su base dos niveles de yeso que parecieran corresponder al Barremiense, el resto de la formación se extiende sobre el conjunto del Cretácico medio y el Cretácico superior (Formaciones Colimapu y Coya-Machali); sobre todo rica en tranquiandesitas, lleva en su parte superior potentes intercalaciones de basaltos.

Diversos descubrimientos de fósiles, especialmente Ammonites, han permitido reconocer que las formaciones del Lias, Dogger, Malm inferior por una parte, y del Tithónico-Neocomiano (excepcionalmente Barremiense y Aptiense) por otra parte, son marinas; mientras que las formaciones kimmeridgienses por una parte, Cretácico medio y superior por la otra, son continentales.

Hay pues dos formaciones vulcanógenas principales, ambas continentales: una, de edad Kimmeridgiense (Formación Río Damas), es sobre todo rica en brechas volcánicas más que en coladas intercaladas; la otra, del Cretácico medio y superior (Formaciones Colimapu y Coya-Machali), está constituida conjuntamente por masas importantes de tobas y potentes intercalaciones de coladas. Pero hay igualmente intercalaciones volcánicas en las formaciones marinas del Lias, Dogger, Malm inferior y del Tithónico-Neocomiano.

Las lavas son en su mayor parte de masa andesítica, cualquiera sea su naturaleza (brechas o coladas, marinas o continentales) o su edad. Pero hay también riolitas, especialmente en la base de la serie (Formación Nacientes de Teno, en su parte correspondiente al Malm inferior) y basaltos, sobre todo en la culminación de la serie (Formación Coya-Machali, de edad probablemente Maestrichtiense).

b) *La serie de la Cordillera Costanera*, aunque presentando analogías, es relativamente diferente; sucesivamente (W. Zeil, 1964):

— Un Lias inferior y medio representado por unos 1.200 m. de una formación areniscosa y margosa, desprovista de vulcanitas (Formación Quebrada del Pobre); esta formación se apoya en transgresión sobre esquistos más antiguos atribuidos al Paleozoico, también al Infracámbrico);

— una potente formación volcánica, de alrededor de 6.000 m de espesor conteniendo en igual proporción tobas brechas y coladas, intercaladas en las series de areniscas y lutitas algo calcáreas que han brindado la conservación de faunas que permitieron atribuir el conjunto a la terminación del Lias y al Bayociense (Formación Agial del Lias superior, Formación Melón del Bayociense);

— una primer laguna que parece corresponder en lo esencial al Dogger y al Malm;

— una segunda formación volcánica que puede sobrepasar los 10.000 m de espesor, formada esencialmente por coladas y en menor proporción, de tobos y brechas en las que se intercalan areniscas, lutitas y calcáreos que han proporcionado faunas de Ammonites del Valanginense y del Hauteriviense, respectivamente;

— una segunda laguna del resto del Cretácico.

Se observará que hay una especie de oposición de fases entre el vulcanismo de la Cordillera Costanera y el de la Cordillera Principal. En la primera el vulcanismo es esencialmente de edad Jurásica media (más precisamente Bayociense) y Cretácico inferior (más precisamente Neocomiano); en la segunda, el vulcanismo es esencialmente Kimmeridgiense y Cretácico medio a superior. Los ambientes sedimentarios son también diferentes, en atención a las épocas consideradas: el vulcanismo de la Cordillera Costanera es esencialmente submarino; el de la Cordillera Principal, continental. La naturaleza de las lavas difiere de una manera importante: si en la Cordillera Principal predominan las andesitas bajo forma de brechas (Kimmeridgiense) o de coladas (Cretácico medio a superior), en la Cordillera Costanera prevalecen las espilitas y keratófiros, tanto en el Dogger como en el Neocomiano.

c) En el conjunto, se puede considerar que la evolución sobre la vertiente chilena ha sido la siguiente: un primer período marino mientras el Lias, el Dogger y la base del Malm, caracterizado por poderosos derramamientos volcánicos en la Cordillera Costanera, reducidos en la Cordillera Principal, desaparecen por una emersión, atestigüando por una parte el nivel de yeso callovo-oxfordiense a Kimmeridgiense de la Cordillera Principal y por otra parte, la ausencia de terrenos posteriores al Bayociense en la Cordillera Costanera. En el Kimmeridgiense, todo parece emerger, nada se sedimenta en la Cordillera Costanera en tanto que potentes formaciones de brechas andesíticas se forman en la Cordillera Principal. Con el Tithónico y durante una parte del Cretácico inferior se ubica un segundo episodio marino: mientras se sedimentan en la Cordillera Principal formaciones poco vulcanógenas pero relativamente ricas en faunas, en la Cordillera Costanera se forman las más potentes acumulaciones de vulcanitas sedimentarias. A partir del Cretácico medio, nuevamente, el conjunto es continental, pero los sedimentos faltan en la Cordillera Costanera mientras que se acumulan fuertes derramamientos andesíticos de la Cordillera Principal.

Más claramente aún que sobre la vertiente argentina, son pues, destacadas las dos emersiones del Kimmeridgiense y del Cretácico medio: en la Cordillera Principal, a diferencia de las facies aludidas, los fenómenos son los mismos que sobre la vertiente argentina: nivel de yeso callovo-oxfordiense y nivel de yeso del Barremiense anunciando emersiones; formaciones continentales (volcánicas en la vertiente chilena, no volcánicas en la Argentina) del Kimmeridgiense y del Cretácico medio y superior las subrayan. Pero en la Cordillera Costanera, estas emersiones están determinadas por las lagunas, respectivamente, del Dogger superior y del Malm, del Cretácico medio y superior. Dicho de otra manera, es en la Cordillera Costanera donde se ubican las principales surrecciones.

Surgen por lo tanto fases tectónicas importantes. Nada lo indica con certeza. En la Cordillera Principal, las series continentales o marinas son concordantes, en el conjunto, como en la vertiente argentina, con las diferencias de las facies aludidas: no se reconocen pues estructuras que se puedan relacionar con estas emersiones. En la Cordillera Costanera la magnitud de las lagunas dice en favor de importantes surrecciones; pero el Cretácico inferior, evidentemente transgresivo, es apenas discordante dado que reposa sobre los terrenos del Lias y del Jurásico medio.

Allí donde hay una fase orogénica importante, donde se la puede ubicar es en el zócalo del Cretácico superior: es la fase laramiense de los autores. Se acompaña en otras partes de *importantes intrusiones granodioríticas* sobre todo señaladas en la Cordillera Costanera, aún importantes sobre la vertiente chilena de la Cordillera Principal, prácticamente inexistentes sobre la argentina (aunque, en la Cordillera Costanera, la porción debe estar formada por granitos realmente laramienses y de granitos carboníferos; cf. Muñoz Cristi, 1964). *Estos hechos no son acompañados por metamorfismo general alguno, se limitan por lo tanto al emplazamiento en su sitio de los plutones granodioríticos sobreincrustados y aureolados por el metamorfismo de contacto.*

Se entiende, que lo dicho corresponde al sector estudiado en la presente nota donde las diferencias entre la Cordillera Costanera y la Cordillera Principal son sensiblemente las que hemos resumido. Porque, en función de la oblicuidad de las zonas isópicas en relación con la dirección de la cordillera oblicuidad ya citada (cf. p. 11), las formaciones características de la vertiente argentina pasan hacia la chilena por el Norte (donde pueden encontrarse series sedimentarias fosilíferas; no vulcanógenas) en tanto que las series características de la vertiente chilena, especialmente de la Cordillera Costanera, pasarán sobre la vertiente argentina hacia el Sud (donde las hemos reconocido a partir de Bariloche). Mientras tanto en gran escala, el sistema descrito será reemplazado hacia el Norte por los Andes peruanos y hacia el Sur, por los Andes patagónicos.

En el lugar estudiado, la vertiente argentina y la chilena se oponen bien claramente: *si la vertiente argentina tiene caracteres de zonas externas, la vertiente chilena tiene claramente los caracteres de zonas internas*: intercalaciones volcánicas en las series sedimentarias, granitizaciones importantes y emersiones más marcadas.

III — El Terciario

A. *El Paleógeno*, en parte Cretácico-Paleógeno, está representado por una serie volcánica, discordante sobre los terrenos anteriores; se presenta en la Cordillera Principal, según los casos sobre la vertiente chilena o la argentina, a menudo expuesto sobre la línea de cresta como lo muestran los cortes de la lámina fuera de texto (G, K, L, M); especialmente el Aconcagua, altura máxima de la Cordillera está formado por esta serie que se desarrolla transversalmente hacia el Sud (región Bariloche).

Se trata de un conjunto de areniscas, lutitas opacas, intercaladas por un abundante material volcánico, brechas y coladas de *riolitas, andesitas y basaltos*, con espesores que alcanzan o superan los 2.000 m.

Esta serie es continental, pero hacia el Sud sedimentitas marinas se intercalan sobre la vertiente argentina (región de Bariloche) en unión, a veces con el Paleógeno marino desarrollado en Chile en las provincias de Concepción y Arauco; los fósiles que allí se encuentran son de edad Eoceno. En las facies continentales se intercalan depósitos límnicos que se los ha podido datar igualmente como el Eoceno, aunque podrían ser incluso del Oligoceno; pero la duda subsiste en cuanto a la edad exacta de las facies: así sobre la vertiente chilena, la Formación Farellones de edad paleógena según Kiohm Glehm (1960), podría comenzar en el Coniaciense según Aguirre-Le Bert (1960).

En estas formaciones importantes masas de *granodioritas* son intrusivas encontrándose sobre todo en la parte meridional del sector estudiado (provincia de Neuquén, de Río Negro — lám. fuera de texto M—). Es exacto que el Paleógeno se superpone allí a formaciones antiguas que son las de la Cordillera Costanera, en función de la oblicuidad de las zonas isópicas respecto de la dirección de la Cordillera, de manera que la posición de estas granodioritas es relativamente interna. De todos modos, es difícil distinguirlas de los granitos anteriores intrusivos y más en el Cretácico: también a menudo, se habla de granitos o granodioritas "laramienses", siendo que las granodioritas intrusivas en el Paleógeno pueden ser mucho más recientes.

B. El *Neógeno* está representado por el Mioceno y el Plioceno que forman dos series diferentes.

a) El *Mioceno*, en el sector estudiado, está representado: de un lado por *formaciones continentales* de areniscas y lutitas desarrolladas sobre el flanco argentino en el borde inmediato del antepaís sobre el límite este de la Precordillera (lám. fuera de texto, E, F) (más al Sud el Mioceno continental desborda ampliamente sobre la Patagonia; por otra parte, por el Mioceno superior *marino* que transgrede sobre los terrenos anteriores, sobre el costado pacífico de Chile, a partir de la región de Valparaíso y más al Sud (Formación Navidad).

b) El *Plioceno* (sin duda el Ponto-Plioceno) y el *Cuaternario* forman series detriticas potentes depositadas en las cuencas falladas que fraccionan la Cordillera en compartimientos alargados en sentido N-S. Estas cuencas se encuentran en todo el espacio de la Cordillera que se conecta sobre su antepaís; de Oeste a Este: *Plioceno marino*, en el borde de la actual costa pacífica con espesores generalmente débiles (Formación Coquimbo desarrollada al Norte, entre la Serena y Antofagasta); *Plioceno continental* en todo el resto de la Cordillera y de su antepaís: varios miles de metros de conglomerados, areniscas y lutitas del valle longitudinal de Chile, de las cuencas intra-andinas, tales, entre la Cordillera Frontal y la Precordillera, las fosas de Uspallata y Calingasta, y las cuencas pre-andinas al pie de la Cordillera en las regiones de San Rafael, Mendoza y San Juan, entre otras.

En tanto que se hundían estas fosas —y la costa pacífica— los paneles actualmente en relieve fueron levantados; encontramos allí los trazos de un importante *vulcanismo basáltico* que cubre todas las altas superficies de la Cordillera desbordando justamente sobre el cráton patagónico y argentino, para formar allí, grandes extensiones de basaltos de mesetas en contraste con los cuales se disponen los basaltos de los valles. Los volcanes propiamente dichos se encuentran

en el mismo ámbito de la Cordillera (conocidos volcanes Tronador, Osorno, etc.) algunos todavía activos, hasta en el antepaís donde algunos mezizos volcánicos alcanzan 2.000, 3.000 hasta 4.000 m de altura (volcán Tromen, por ejemplo).

IV — Conclusiones

Encontramos en la Cordillera de Los Andes, los terrenos de un ciclo andino y de ciclos pre-andinos.

1. En lo que respecta a los *ciclos preandinos*, solamente el *ciclo hercínico* está bien individualizado; las zonas isópicas parecen disponerse oblicuamente en relación a la Cordillera actual: el Paleozoico marino está bien desarrollado en el sector que comprende las provincias de Mendoza y San Juan; hacia el Sur (provincias de Neuquén y Río Negro) los terrenos mesozoicos descansan directamente sobre el Precámbrico; al Norte, más allá de La Rioja, el Paleozoico se reduce a sus niveles superiores que toman una facies continental. La distribución de las facies es tal que hace suponer que, en este dispositivo hercínico, las zonas internas serían meridionales y las externas septentrionales: es al Sur que se encuentran las facies más continuas y que los granitos carboníferos son intrusivos en las series paleozoicas; al Norte las facies tienden a hacerse continentales, sobre todo, en el Permo-Carbonífero ya que falta la granitización hercínica.

Por último, puede presentarse el problema de las relaciones entre estos Andes hercínicos y la cadena hercínica de la provincia de Buenos Aires: en primera aproximación parecería que, teniendo en cuenta las direcciones estructurales de la provincia de Buenos Aires, los Andes hercínicos estarían ubicados en la prolongación de los mismos. Si admitimos la idea de un sistema hercínico de dirección SE-NO, comprendiendo al mismo tiempo los terrenos paleozoicos de la Cordillera y de la provincia de Buenos Aires, pareciera que tuvieran posición externa; las transgresiones son numerosas, las facies poco profundas o continentales, la tectónica tardía dado que la granitización falta. A menos que el sistema hercínico de la provincia de Buenos Aires no represente la terminación axial del de la Cordillera, entre los escudos brasileros y patagónicos.

2. Tras un Permo Triásico de transición, los terrenos del *ciclo andino* forman tres conjuntos de series sucesivas.

El *Jurásico-Cretácico* está caracterizado por una desimetría de flancos de manera que la vertiente argentina comprende una serie sedimentaria desprovista de vulcanitas en tanto que éstas —andesitas esencialmente— dominan sobre la vertiente chilena, lo que confiere un carácter externo a la vertiente argentina próximo al antepaís y un carácter interno a la vertiente chilena. Las relaciones no están bien conocidas entre los terrenos de la una y la otra parte en razón de las dificultades de los estudios en país que como estos poseen gran altitud topográfica; no se sabe por ejemplo, si se trata de dos cuencas separadas o de una misma cuenca en la cual el costado interno y el externo serían por lo tanto muy diferentes.

Los terrenos del flanco chileno se apoyan hacia el Oeste sobre el antiguo zócalo de la Cordillera Costanera, o sea que las series an-

dinas reposan, del lado del Pacífico sobre un zócalo de carácter cratónico.

Importantes movimientos se han dado en el Kimmeridgiense y en el Cretácico medio que, por dos veces, han visto emerger el conjunto de la Cordillera, sin que hubiera interrupción de la sedimentación de la Cordillera Principal, y con interrupción de la sedimentación en la Cordillera Costanera en el Oeste. Sobre el plan orogénico, hay todavía una desimetría en la Cordillera por lo cual las surrecciones son más marcadas en el Oeste que en el Este, es decir, en más en el lado interno (Chile) que en el lado externo (Argentina). El todo se termina por una surrección general al finalizar el Cretácico (fase larámica).

Finalmente, estos procesos fueron acompañados de granitización supracrustal de edad Cretácico superior, limitado al flanco chileno, sobre todo en la Cordillera Costanera y también sobre el flanco chileno de la Cordillera Principal: nuevamente, se manifiesta la desimetría de la Cordillera que confirma el carácter interno del flanco chileno, y externo del lado argentino.

El *Paleógeno* está representado por series volcánicas andesítico-basálticas, desarrolladas en la parte interna de la Cordillera, al límite entre el flanco chileno y el argentino; pero en razón de la oblicuidad de las zonas isópicas en relación con la dirección general de la Cordillera, estas formaciones paleógenas toman contacto con el antepaís al Sur de la región de transición entre la Cordillera estudiada y la Cordillera patagónica. Numerosas masas de granodioritas son intrusivas en este Paleógeno sin que se sepa su edad exacta.

El *Neógeno* se caracteriza sobre todo por su Plio-Cuaternario dispuesto en cuencas falladas donde el hundimiento parece ser contemporáneo a la surrección de la Cordillera acompañado de un fuerte vulcanismo basáltico. Pero existe un Mioceno, continental sobre el lado argentino, marino sobre el lado chileno; la situación tectónica de este Mioceno nos conduce a separarlo del Plio-Cuaternario y relacionarlo al Paleógeno con el que constituye un conjunto deformado en compresión (al contrario del Plio-Cuaternario deformado en extensión).

TERCERA PARTE

TECTONICA

1. La tectónica más visible en la Cordillera es la *tectónica de falla de edad Plio-Cuaternaria*. Tectónica en extensión posiblemente acompañada por desplazamientos horizontales laterales importantes, delineando la Cordillera en grandes paneles, unos levantados que constituyen actualmente las partes subreelevadas; los otros hundidos formando las fosas que los separan, permitiendo las distinciones geográficas comunes: Cordillera Costanera separada de la Cordillera Principal por la gran cuenca plio-cuaternaria del valle longitudinal chileno; Cordillera Frontal separada de la Precordillera por la su-

cesión de fosas plio-cuaternarias de tipo Uspallata, Calingasta, y otras. Mientras que, allende la costa pacífica atestiguan los mismos hundimientos, de este lado, sobre todo en la parte septentrional, la Cordillera hállase separada del antepaís estable por una sucesión de cuencas de hundimiento: San Rafael, Mendoza, San Juan, y otras.

Esta tectónica es de gran importancia: si se tiene en cuenta el hecho de que algunos paneles del zócalo en la Precordillera y en la Cordillera Frontal fueron llevados a altitudes aproximadas a los 6.000 metros y que por otra parte el Plioceno de sus bases contiguas es varios miles de metros, tenemos que existen juegos de fallas que alcanzan rechazo vertical igual o superior a 10 km es una tectónica todavía actual dado que algunas de estas fallas son sísmicas: sobre el flanco chileno los sismos son frecuentes, y sobre el argentino Mendoza fue sacudida y San Juan, destruída.

Esta tectónica de falla parece menos importante al Sur en la Cordillera Patagónica, correlativamente, la altitud es menor y los sismos menos frecuentes.

Pero estos juegos de fallas recientes se superponen a las tectónicas anteriores que se pueden reconocer por la deformación de las series a las que corresponden.

2. Así, las series volcánicas del Paleógeno están —sin tenerse en cuenta las fallas posteriores— deformadas en un gran radio de curvatura, de tal suerte que ocupan actualmente una posición sinclinal como sincinales colgados. En la Precordillera ciertos paneles de zócalo paleozoico cabalgan por fallas inversas en un Terciario continental anterior al Plio-Cuaternario y que semeja el Mioceno (lám. fuera de texto, F). Tanto en uno como en el otro caso, parece darse una serie de deformaciones en compresión de estilo simple y que posiblemente son más antiguas en el interior (deformación de la serie volcánica paleógena) que en el exterior (deformación de la serie continental miocena). Pero, en el actual estado de nuestros conocimientos es difícil precisar exactamente la influencia de esta tectónica.

3. En fin, los terrenos mesozoicos y su zócalo paleozoico son afectados por una tectónica importante caracterizada esencialmente por un desgarramiento hacia el Este, dicho de otra manera hacia el antepaís argentino, independientemente de algunas imbricaduras locales hacia el Oeste.

La serie mesozoica del flanco argentino forma pliegues de tipo subalpino (lám. fuera de texto, K, L) que deben probablemente una parte de su deformación a accidentes del zócalo, como lo atestiguan el gran número de pliegues en ángulo casi recto (plis en genoux). Pero no faltan los despegamientos de cobertura, utilizando notablemente el nivel del yeso del Jurásico, accesoriamente, el nivel de yeso Cretácico tal como lo atestigua el corte hecho a la altura del paralelo de Chos Malal (lám. fuera de texto K) o también las escamas a base de yeso jurásico del valle del Río Salado (lám. fuera de texto D); esos desprendimientos pueden tomar una importancia mayor como en el valle del Río Mendoza bajo el macizo del Aconcagua donde numerosas escamas de base de yeso jurásico, se superponen las unas a las otras (lám. fuera de texto G). Si bien ciertos pliegues están desviados hacia el Oeste (lám. fuera de texto, K) el conjunto de la cuenca sedimentaria atestigua una tectónica de observar, hacia el antepaís

argentino: en el corte considerado, en el paralelo de Chos Malal (láminas fuera de texto, K), los terrenos de la cuenca argentina nivelan el antepais mediante un pliegue en ángulo casi recto opuesto al que conserva las formaciones horizontales; aun más, las escamas del Río Salado (lám. fuera de texto, J) y aún los pliegues del valle del Río Atuel (lám. fuera de texto I), están todos deformados, invertidos o cabalgantes hacia el Oeste (lám. fuera de texto, J); como las series de escamas del alto valle del río Mendoza, bajo el Aconcagua (Lámina fuera de texto, G).

Sobre el lado chileno, la tectónica propia de las formaciones mesozoicas parecen limitadas a deformaciones de gran radio de curvatura, de difícil definición en las series volcánico-sedimentarias, muy potentes y de facies monótonas.

Es desde este punto de vista que resulta necesario ubicar las relaciones entre las formaciones del flanco chileno y las del argentino: en este dominio de gran altura, las observaciones son escasas; en lo que nos concierne, pudimos realizar el corte del Río Mendoza del lado argentino y del Río Aconcagua de lado chileno. Pero esto es muy elocuente: *las formaciones volcánico-sedimentarias del flanco chileno cabalgan las formaciones sedimentarias del lado argentino*, ellas mismas cortadas en una serie de escamas despegadas a nivel del jurásico yesífero. Este cabalgamiento parece ser un cabalgamiento de cobertura y los yesos jurásicos juegan allí un papel importante. Es difícil determinarlo. Lo cierto es que, de una y otra parte, las series sedimentarias son totalmente diferentes: del lado argentino, se trata de formaciones sedimentarias no volcánicas, reducidas a afloramientos de algunas escamas; del lado chileno, se trata de formaciones volcánico-sedimentarias desarrolladas hasta la costa. De manera que, por razones de facies en oposición podríamos considerar este cabalgamiento, muy importante. Por otra parte, se podría explicar también la reducción de los afloramientos de la serie argentina en la medida en la que ella pasa bajo la serie chilena; pero esta reducción podría ser de tipo paleogeográfico. Por lo tanto, las formaciones conservan allí sus facies sin que nada indique que la cuenca sea más reducida aquí que más al Sur. De todos modos, falta el estudio de conjunto de estas regiones para determinar la importancia de ese cabalgamiento.

La tectónica de las series mesozoicas parecería pues una tectónica en compresión, desviada hacia el Este, hacia el antepais argentino; dado que las formaciones volcánico-sedimentarias del flanco chileno, poco deformadas, cabalgan las formaciones sedimentarias del lado argentino afectadas por una tectónica relativamente intensa en la cual los desprendimientos de cobertura al nivel de los yesos callovo-oxfordienses hasta kimmeridgienses juegan un papel importante.

4. La tectónica de las series primarias merece un análisis mucho más minucioso. En el conjunto, las series paleozoicas —sobre todo las del Paleozoico inferior— (especialmente el Silúrico) atestiguan una tectónica sencilla y en los afloramientos los micropliegues no faltan. Pero es difícil formarse una idea de la tectónica de Andes hercínicos (y más aun caledónicos, si los hay). Además, en las deformaciones del Paleozoico, es necesario separar aquellos que están ligados a los movimientos propiamente andinos.

El ejemplo de este problema es la Precordillera. Dejando de lado el hecho de que ha sido llevada a su altura por los juegos de fallas plio-cuaternarias, sucede que ha sido afectada (lám. fuera de texto, E) por una serie de accidentes en compresión que, generalmente, traen un nivel paleozoico más o menos antiguo a cabalgar, por falla inversa, el Carbonífero. Podría pensarse que se trata de accidentes tardío-hercínicos (dado que el Carbonífero, hasta Pérmico bajo, tiene allí la facie de una molasa roja continental). Pero en la parte más externa (lám. fuera de texto, E, F), los accidentes de igual estilo afectan un Terciario continental, asignable al Mioceno anterior al Plio-Cuaternario. Parecería por lo tanto que esta tectónica en compresión de la Precordillera, marcada por fallas inversas, corresponde efectivamente a deformaciones recientes, evidentemente anteriores al Plio-Cuaternario y que podrían datar del fin del Mioceno. En efecto, podría tratarse de la tectónica en compresión que hemos citado en el punto 2. Pero solamente podemos pensar así en lo que concierne a la parte más externa de la Precordillera, esto es la que se yuxtapone directamente al antepaís; por otra parte, sólo hay terrenos paleozoicos afectados por accidentes que no podemos datar.

5. Parecería por lo tanto, más posible, que esta tectónica en compresión de la Precordillera sea de edad Terciaria reciente, como lo sería también aquella de las Sierras Pampeanas (lám. fuera de texto, A, B, C): éstas están deformadas en pliegues de gran radio de curvatura posiblemente desviados y siendo evidentemente anteriores a la tectónica de falla plio-cuaternaria que las destaca. Esta tectónica afecta los terrenos hasta el Triásico incluso; ella sería por lo tanto de edad andina, aunque sin poderlo precisar en más.

6. *Conclusión*

Esencialmente, la tectónica de la Cordillera de Los Andes, la más visible, la más importante en lo que concierne a la génesis de los relieves, es la tectónica de falla plio-cuaternaria: la Cordillera le debe su relieve en lo que hay de positivo para los paneles levantados y de negativo para los paneles hundidos; gran parte tiene sólo morfología andina como la Precordillera y la Cordillera Frontal, no así la evolución de sus secuencias que son esencialmente paleozoicas hasta permotriásicas. Por lo tanto, la Precordillera ocupa, respecto a la Cordillera propiamente dicha, la misma posición que la parte este del Macizo Central francés en relación con los Alpes, sin tenerse aquí en cuenta obviamente las diferencias evidentes en lo atinente a la importancia de las deformaciones y su cronología.

Las tectónicas anteriores atestiguan, por lo contrario, un estilo en compresión. Se puede separar una familia de deformaciones recientes afectando las series volcánicas del Paleógeno y las series sedimentarias del Mioceno; y de deformaciones más antiguas afectando las series mesozoicas tales como las del lado chileno cabalgando las del versante argentino según un accidente sobre cuya importancia es difícil definirse; las formaciones del lado argentino están deformadas según un estilo de revestimiento y un estilo de cobertura que utilizan los yesos jurásicos y, en menor medida, del Barremiense. Entre tanto es difícil hacer la parte de la tectónica hercínica, no solamente en la parte interna de la cadena (Cordillera Costanera y Cordillera Prin-

cipal), sino también en las partes más externas (Cordillera Frontal y Precordillera) donde los accidentes más visibles parecen datar un Terciario reciente.

Dejando de lado las deformaciones hercínicas o más antiguas, pareciera que el ciclo andino estaría marcado por lo menos, por tres series de estructuras superpuestas: la que afecta las series mesozoicas; la que afecta las series paleógenas y miocenas y la que afecta las series plio-cuaternarias; las dos primeras, caracterizadas por un estilo en compresión muy estrecho para la primera, menos para la segunda, testimoniando la última, un estilo en extensión.

CONCLUSIONES GENERALES

Es bien claro que la Cordillera de Los Andes testimonia una gran originalidad en relación con las cadenas de dominio mesógeno. Pero, no ha sido posible por ahora, comparar de una manera precisa las cadenas andinas y las alpinas (o, si se prefiere, las cadenas peri-pacíficas —al menos las cadenas americanas— y las cadenas mesógenas). Es que la ocasión no se ha presentado a menudo para los geólogos conocedores de las unas, poder ver las otras y viceversa. Por lo tanto, habiendo estado en Francia el uno y el otro visitando Argentina y Chile en el transcurso de los años 1965 y 1966, nos ha sido posible comparar experiencias diferentes, para una de las cadenas andinas en relación con las cadenas alpinas y a la inversa.

Para ser útil, esta comparación necesita distinguir el ciclo andino de los ciclos ante-andinos, de la misma manera que están diferenciados en el Mediterráneo el ciclo alpino y los ciclos ante-alpinos, hercínicos u otros, a fin de confrontar entre ellas lo que sea comparable.

1. Tenemos en consecuencia, que hacer, primeramente, un *paralelo entre las características del ciclo andino* en el paralelo de Argentina central y *las del ciclo alpino* del Mediterráneo.

Una y otra parecen haberse desarrollado según una evolución en tres períodos; retrocediendo en el tiempo: ,

— un periodo plio-cuaternario, determinado por la formación de series espesas terrigenas acumuladas en las cuencas falladas, deformadas por una fuerte tectónica de falla en extensión contemporánea a importantes derramamientos basálticos; el vulcanismo actual y la sismicidad se relacionan con estos sucesos.

Sobre este punto, parecería existir una comunidad de evolución entre las cadenas andinas y las cadenas mediterráneas, similitud que va hasta la cronología. A primera vista, podría parecer que los juegos de fallas de los Andes fueran más importantes que los de las cadenas mediterráneas: pero en gran parte, esta diferencia es sólo psicológica en la medida que, al describir las cadenas alpinas, se pone mayor atención sobre los mantos de corrimiento y las deformaciones contemporáneas, descuidando la tectónica de falla (y por lo tanto, entre los Alpes y el substratum de la llanura del Po, el deshecho de la tectónica plio-cuaternaria es del orden de los 10 km); mientras que por lo contrario, para la Cordillera, se presta mayor atención sobre la tectónica de falla, descuidando las tectónicas anteriores (que son efectivamente menos marcadas que en los Alpes);

— un periodo eoceno, oligoceno, mioceno, caracterizado por formaciones terrigenas espesas deformadas por pliegues de gran radio

de curvatura y por juegos de fallas inversas, acompañadas en las partes internas por un vulcanismo andesítico y, al parecer, por el emplazamiento de granodioritas. Al respecto, los parentescos son todavía grandes con las cadenas mediterráneas, aunque con una desemejanza en tiempos posteriores, estos acontecimientos parecerían en parte más antiguos en la Cordillera de los Andes. Igualmente, en las cadenas mediterráneas, existen molasas vulcanógenas en las zonas internas y molasas no vulcanógenas en las zonas externas, siendo las primeras más antiguas que las segundas; esto es lo que corresponde a las observaciones realizadas en la Cordillera. Pero existe una diferencia de edad y de facies: de edad, dado que las formaciones vulcanógenas andinas son esencialmente paleógenas, en tanto que las mismas formaciones del Mediterráneo parecerían más recientes (Mioceno); de facies, porque estas formaciones son a menudo marinas en el dominio mediterráneo —pero algunas veces continentales— en tanto que son generalmente continentales en la Cordillera de los Andes —pero a veces marinas—. Esta oposición será validera para las épocas anteriores, caracterizándose en la Cordillera por la importancia de las facies continentales que allí se encuentran;

— un período mesozoico, caracterizado por el desarrollo de series sedimentarias muy diferentes de un flanco al otro, solamente sedimentarias de una potencia modesta sobre el flanco argentino, volcano-sedimentarias y de gran potencia en el flanco chileno; penetrados por granitos supracrustales de edad cretácico superior generalmente sobre el costado chileno; estas formaciones están deformadas por una tectónica en compresión relativamente intensa tanto que las deformaciones del lado chileno cabalgan las del flanco argentino, ellas mismas deformadas en pliegues muy marcados.

Las semejanzas no faltan con las cadenas mediterráneas: las unas y las otras atestiguan una *polaridad* tal que las formaciones sedimentarias terrígenas son más groseras del lado interno que del externo, que las intrusiones volcánicas sinsedimentarias se encuentran solamente del lado interno, lo mismo que las intrusiones graníticas sintectónicas a postectónicas, debido a que el conjunto de la cadena está desviado hacia su antepaís de posición externa.

Pero las diferencias no son menos evidentes: ausencia de verdadero flysch, ausencia de ofiolitas, ausencia de grandes mantos de corrimiento, ausencia de metamorfismo general en la Cordillera por oposición a las cadenas mediterráneas donde estos fenómenos juegan un papel esencial. Es verdad que las ofiolitas son reemplazadas por los derramamientos volcánicos, a menudo submarinos del Jurásico y del Cretácico; pero su naturaleza es diferente; rocas básicas y ultrabásicas en las cadenas mediterráneas, intermedias (traquiandesitas) en la Cordillera. Es verdad que si no hay flysch, se encuentran formaciones continentales que pueden tenerlas: formaciones de gravas rojas del Kimmeridgiense por un lado y del Cretácico medio a Cretácico superior por el otro; pero estas formaciones no tienen los caracteres sedimentarios del flysch, empezando por su naturaleza marina, *aún siendo a menudo rítmicas*. Verdaderamente el cabalgamiento de la serie chilena sobre la argentina es posiblemente más importante que lo entrevisto en la presente nota;

pero nada indica que se encuentre el sistema de manto característico de las cadenas mediterráneas. En cuanto al metamorfismo general, falta completamente sin que se pueda hacer conjetura alguna sobre esta diferencia.

2. Si hubiera que decir que las cadenas andinas han nacido en un geosinclinal andino, cae de su peso que sería *necesario distinguir en los geosinclinales dos tipos*: un *tipo alpino* cuyas características ya han sido expuestas (J. Aubouin, 1959, 1961, 1965) y *tipo andino* del cual hemos analizado rápidamente los rasgos esenciales diferenciales del tipo anterior. En estas condiciones, los tres períodos reconocidos en la evolución de los Andes como en la de los Alpes, serían, respectivamente, los períodos postgeosinclinales para el Pliocuaternario, tardiogeosinclinal para el Paleógeno y el Mioceno, geosinclinal para el Jurásico y el Cretácico, según una cronología que, en conjunto, puede identificarse con aquella de los Alpes. La diferencia generalmente invocada en cuanto a la cronología de las orogénesis puede ser más bien aparente que real: si las primeras deformaciones importantes se remontan al Jurásico superior, luego al Cretácico superior en la Cordillera de los Andes, no faltan las deformaciones más recientes según ya lo hemos visto; a la inversa, si en el dominio mediterráneo se ha puntualizado repetidamente sobre las deformaciones más recientes que se reencuentran en las zonas más externas —en razón de que han sido respetadas por los hundimientos ulteriores— las deformaciones más antiguas de edad Cretácico superior, hasta Jurásico superior, no faltan como lo atestigua la generalidad de los flyschs tithónicos cretácicos en el dominio mediterráneo

3. Pero las diferencias parecen demasiado importantes para que podamos llegar a aceptar esta solución. Estas diferencias tienen esencialmente un carácter más intracontinental en los Andes que se evidencian: en las series sedimentarias en las que abundan los episodios continentales —al fondo, los Andes han emergido después del Cretácico medio y han estado en iguales condiciones antes del Jurásico superior—; en el estilo tectónico señalado por la ausencia de grandes corrimientos característicos de las cadenas alpinas mientras que los accidentes que allí se encuentran, accidentes de revestimiento y accidentes de cobertura son clásicos en las cadenas intracontinentales; en la naturaleza de los magmas que, por su carácter intermedio, atestiguan la presencia de una corteza continental en toda la Cordillera y en el transcurso de toda su historia. Más adelante, en la costa pacífica, se encuentran formaciones de zócalo antiguo que limitan la Cordillera en relación al océano; ciertamente, los estudios geofísicos muestran que la corteza continental se afina aquí rápidamente; sin que haya duda de su existencia por muy reducida que ella esté, y sobre todo, por lo que atestigua la historia propia de la Cordillera en su desarrollo y situación.

Los Andes aparecen pues como una cadena ubicada en la margen continental pero interiormente en los límites del continente: más que geosinclinales, ellos son *liminares*, por tomar una expresión de E. Argand, creada especialmente para las cadenas de América del reborde del Pacífico. *La organización y la evolución de estas ca-*

denas liminares son comparables a las de las cadenas geosinclinales con las diferencias ya anotadas; se podría fácilmente distinguir:

— en el ciclo andino, los *períodos liminares* para el Mesozoico, *tardioliminar* para el Eoceno, el Oligoceno y el Mioceno y *postliminar* para el Plio-Cuaternario; correspondiendo respectivamente a los períodos geosinclinales tardiogeosinclinal y postgeosinclinal;

— en el período geosinclinal, *series mioliminares* del lado del antepaís, tales como las del flanco argentino y las series *euliminares* de la parte interna chilena; unas y otras se oponen por los diversos caracteres mencionados a propósito del régimen de la polaridad de la Cordillera entre los cuales resulta más evidente la presencia del vulcanismo asociado en la zona euliminar y su ausencia en la zona mioliminar.

Tenemos consecuentemente un vocabulario que expresa simplemente las analogías de la evolución y de organización utilizando los mismos prefijos; mientras que las diferencias serán determinadas por la distinción liminar-geosinclinal.

4. Reiterando en el cuadro de un ensayo de clasificación de las cadenas de montañas es posible distinguir a propósito:

— *cadenas intracontinentales o intracratónicas* caracterizadas por una tectónica de zócalo acompañada de una tectónica de revestimiento o de cobertura;

— *cadenas pericontinentales o pericratónicas* en las cuales se pueden distinguir:

— el *tipo liminar* como tal, andino, desarrollado en la periferia de los continentes pero dentro de sus propios límites;

— *tipo geosinclinal* propiamente alpino, donde una parte, la eugeosinclinal, podría ser extracratónica.

Verdaderamente la diferencia entre cadena liminar y cadena geosinclinal se debe a que la primera bordea una sola área cratónica, en tanto que la segunda está generalmente comprendida entre dos masas continentales. Se pasa de un tipo al otro cuando las condiciones así lo permiten; también, axialmente, la Cordillera de los Andes pasa hacia el Norte, a partir de Venezuela y hacia el Sur, a partir de Tierra del Fuego a cadenas en las que la posición intercratónica (entre América del Sur y América del Norte por la zona del Caribe; entre América del Sur y la Antártida por el sistema de las Orcadas) van acompañadas de una reaparición de caracteres alpinos: reiteración del flysch, de metamorfismo general —y más precisamente de glaucófano, característico del metamorfismo alpino, repetición de una tectónica más compleja.

Más que pericratónicas, las cadenas geosinclinales parecerían intercratónicas.

Pero una cadena geosinclinal no resulta del enlace de dos cadenas liminares: no pueden hacerse las cadenas mesógenas con dos cordilleras de los Andes. Cuando mucho podría suceder que de un estrechamiento más fuerte entre dos masas continentales, resultara una tectónica más intensa, con mantos de corrimiento, por ejemplo. Pero la unión de dos cadenas carentes de ofiolitas, de flysch, de metamorfismo general, etc., no pueden dar cadenas que se caracte-

ricen por tales fenómenos; y a la inversa, la suma de dos cadenas distinguidas por grandes series volcánicas de tipo intermedio no pueden dar cadenas como aquéllas que están desprovistas de las mismas. Es que, la una en relación con la otra, el tipo liminar y el tipo geosinclinal demuestran a la vez caracteres positivos y negativos; la adición eventual de estos no cambiarían su significación.

Se trata pues, bien claramente, de dos tipos originales que deben la índole de su organización y evolución al hecho de que, el uno, de tipo liminar, es pericratónico, siendo el otro de tipo geosinclinal, intercratónico (al menos en parte). Pero esta originalidad es suficientemente profunda para permitirnos imaginar que se pueden relacionar sin un cambio notable dos cadenas del primer tipo para obtener dos del segundo. Ciertamente, las cadenas geosinclinales no son cadenas "bi"-liminares.

5. No terminan aquí las reflexiones que sugiere la comparación de los Andes y los Alpes; algunas ideas corrientes encuentran un nuevo punto de discusión. Se pasa así a la *noción del crecimiento de las masas continentales por la adición de cadenas periféricas sucesivas*. Más aún que el de las cadenas geosinclinales que sueldan masas continentales antes que acrecentarlas; el ejemplo de las cadenas liminares parece convincente: bordeando los continentes, pareciera que se desarrollan a expensas de los océanos. Nada indica un fenómeno así a nivel de la Cordillera. La costa pacífica actual está formada, principalmente, por una dorsal de zócalo antiguo; la cadena no ha crecido en absoluto según la imagen clásica de la incorporación de materiales nuevos cratonizados por una tecto-orogénesis acompañada de metamorfismo y granitización. Por otra parte, en el transcurso del ciclo andino, las zonas costaneras, en parte desaparecidas actualmente, han sido, al menos en ciertas épocas, zonas más altas que las que han dado origen a la actual Cordillera; la clasificación lateral de las series mesozoicas, desde las potentes formaciones del flanco chileno hasta las del versante argentino, menos espesas, lo atestiguan; lo mismo que la importancia de las emersiones reconocidas en la Cordillera Costanera, mucho más marcadas que las emersiones correspondientes en la Cordillera Principal. El estado actual como el pasado proveen importantes argumentos en contra de la noción de acrecentamiento de los cratones sudamericanos en la formación de la Cordillera; conclusión que tiene más asidero que la de la tectónica tangencial reconociendo su menor importancia; el ancho de la Cordillera actualmente no es muy distinto del de las zonas que le dieron nacimiento en el transcurso del ciclo andino.

Así se presenta, por el mismo motivo, el problema de los *límites del océano Pacífico*. No es fácil librarnos de error, por el hecho de que la costa pacífica es una costa de fallas; apareciendo a partir del Plioceno (Mioceno superior, posiblemente —cf. Formación Navidad—). Su situación es en todo caso comparable a la de las costas del Mediterráneo; sabemos, en efecto, que el Mediterráneo es, sin lugar a dudas un mar neoformado a partir del final del Mioceno y en el transcurso del Plio-Cuaternario por el juego de la tectónica postgeosinclinal; sabemos también que esta formación existió justamente hasta la desaparición de la corteza continental hasta el fondo de las fosas

marinas más profundas, como la fosa tirrénica, la jónica y otras (2). ¿Podría ser así en el Pacífico? No es objeto de esta nota el responder a esta cuestión relativa al océano considerado como el más permanente del planeta; nos basta citar este problema que diversos autores han considerado recientemente (cf. Fairbridge, 1965): ¿en qué medida y en qué límites el Pacífico podría ser él también un océano neoformado?

Quedando en el campo de las especulaciones, no podemos dejar de anotar que la tectónica reciente —postliminar— de la Cordillera de los Andes atestigua juegos de fallas en extensión tanto como la tectónica —postgeosinclinal— de dominio mesógeno: la coincidencia es notable. *Parecería pues que el estado actual de las cinturas orogénicas del globo sea de extensión.* Pero esta “expansión del globo” tal como lo atestiguan otras marcas como los Rift medio-oceánicos y, posiblemente, los surcos peripacíficos (Fairbridge, 1965) sean solamente plio-cuaternarios como podría pensarse dada la cronología tectónica de las cadenas comparadas, o más antiguas, o constante. En el primer caso, habría que admitir que el globo soportó, alternadamente, períodos de extensión como el actual, y de compresión como los precedentes en las cadenas de montañas; en último caso, sería necesario encontrar el medio de conciliar con una expansión generalizada los períodos de compresión por lo menos localizados a las cinturas orogénicas, conciliación que puede hacerse combinando con la expansión el movi­lismo de las masas continentales conforme con las determinaciones del paleomagnetismo.

El objeto de esta nota, no es absolutamente el discutir problemas en su mayor parte todavía teóricos; pero sería útil, para el caso de una comparación precisa entre estas dos cadenas de montañas que son posiblemente los dos tipos fundamentales, aunque no los únicos, tratar que las relaciones y diferencias que se han podido establecer, concurren a través de conclusiones simples de índole geológica, a la solución de problemas actuales de la geofísica del globo.

Lo cierto es que lo más importante del estudio geológico relacionado con las cadenas andinas y alpinas falta aún de hacer, a excepción de ciertas partes del dominio mediterráneo que han sido bien estudiadas. Las comparaciones que se podrán realizar en el futuro serán sin duda más concretas; podrán incluso contradecir nuestras conclusiones; pero ellas han sido realizadas con el espíritu de que sirvan de base a futuros trabajos científicos en esta especialidad de la Geotectónica.

(2) El fenómeno no puede estar comprendido en una simple extensión: sin dudo es necesario referirse a una verdadera asimilación de la corteza continental, según un proceso de “simización” aún oscuro.

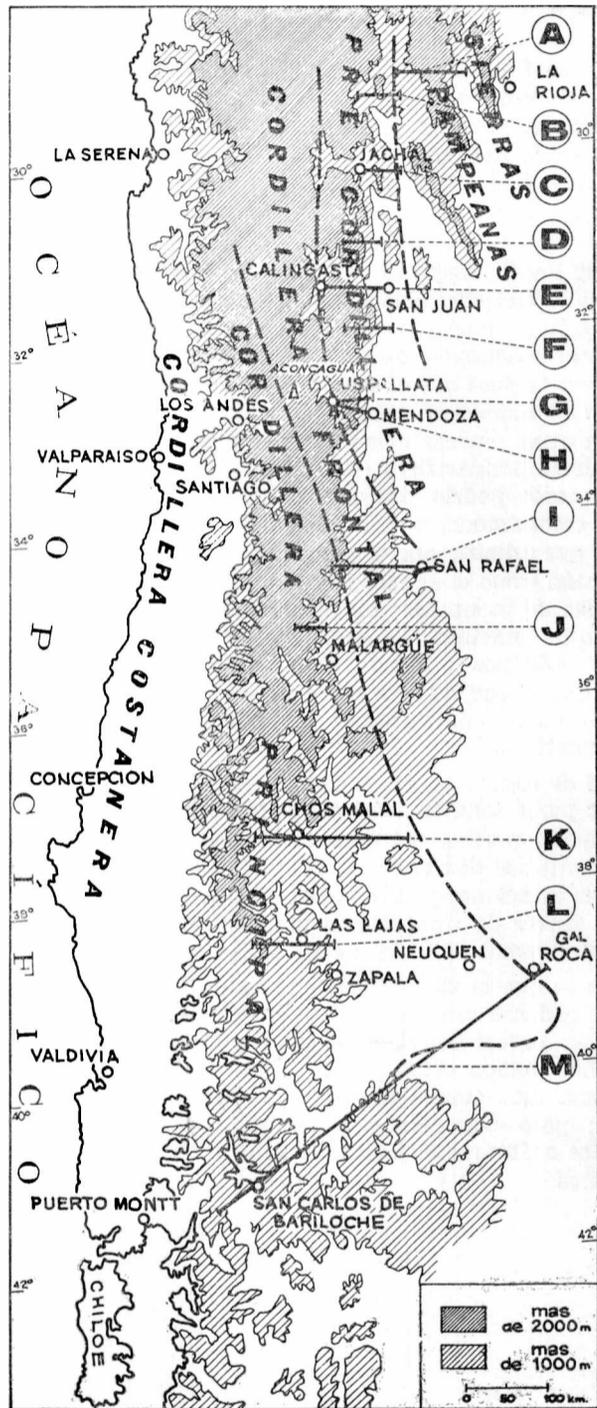


Fig. 1. — Carta esquemática de América del Sur sobre el paralelo de Argentina central.

Esta carta tiene por objeto ubicar los grandes conjuntos geográficos y estructurales y las principales localidades a las que se hace alusión en el presente trabajo.

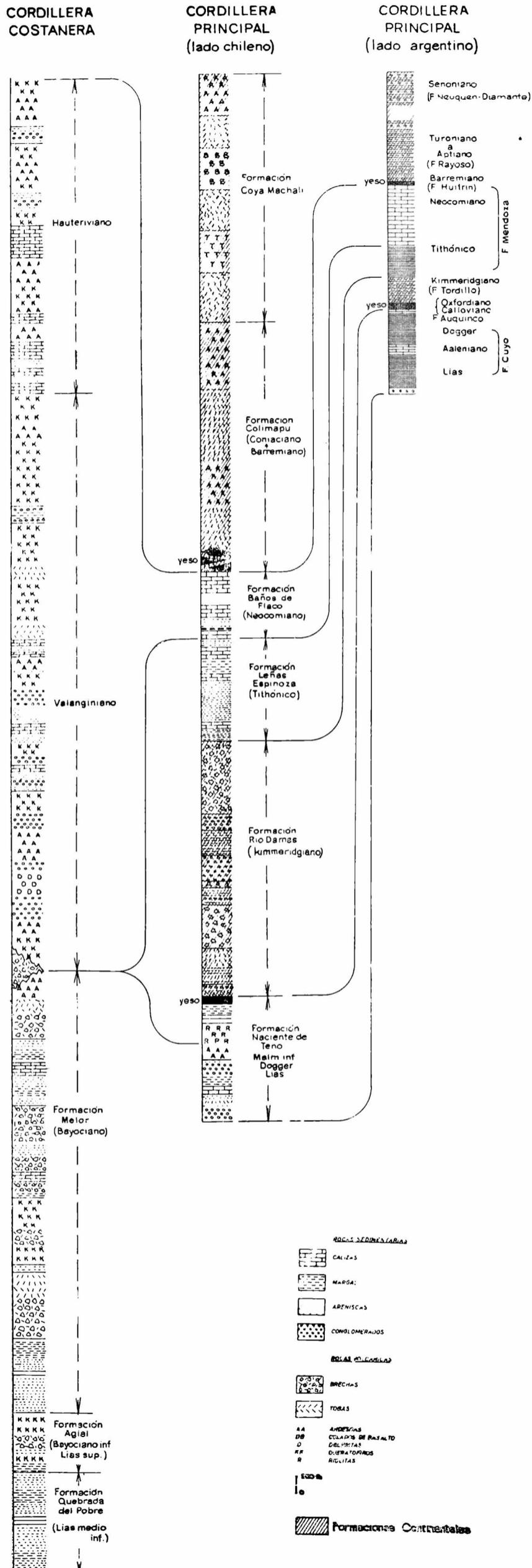


Fig. 2. — Columnas estratigráficas comparadas de las series mesozoicas de la Cordillera Costanera y de los flancos chileno y argentino de la

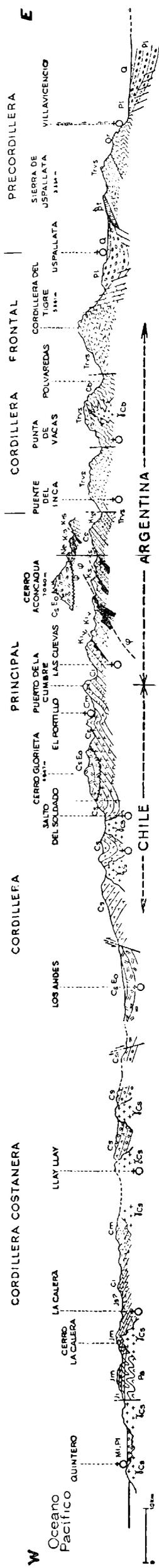


Fig. 3. — Corte general esquemático de la Cordillera en la región de Valparaíso a la de Mendoza.

Este corte continúa el perfil G de la lámina fuera de texto. Una parte del perfil correspondiente al flanco chileno ha sido basada en los trabajos de Aguirre Le Bert y Thomas.

Pa: Paleozoico. Or: Ordovícico. Cb: Carbonífero. (γCb: granitos carboníferos). Tr: Triásico. Trvs: Triásico volcano-sedimentario. βt: Basalto triásico sup. J: Jurásico. Ji: Jur. inf. Jm: Jur. medio. Js: Jur. sup. (Ks: Kimmeridgense. Kis: Kimm. sedimentario. Kiv. Kimm. vulcanógeno). Ne: Neocomiano. C: Cretácico. Ci: Cret. inf. Cm: Cret. medio. Cs: Cret. sup. (γCs: granitos larámicos en sentido amplio). CsEo: Cret. sup. Eoceno. Eo: Eoceno. Mi-Pi: Mioceno-Plioceno. Pi: Plioceno. Q: Cuaternario. φ: discordancia.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE-LE-BERT, L. (1960). Geología de Los Andes de Chile central. *Inst. Invest. geológica*, Bol. 9, p. 1-70, Santiago de Chile.
- AUTORES VARIOS (1965). Geografía económica de Chile. 1 vol. *Corporación de Fomento de la Producción* ed.
- BODENBENDER, G. (1912). Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes. *An. Min. Agric. Nac.*, Geol. VII, 3, 161 p., Buenos Aires.
- BORRELLO, A. V. (1963). Elementos del magnetismo sísmico en la correlación de la secuencia geosinclinal de la Precordillera. *Inst. Nac. Investig. Científica*, t. N° 19, p. 1-13.
- (1964). Los rasgos morfoestructurales de la provincia de La Rioja y sus relaciones con el desarrollo de los geosinclinales en el Oeste argentino. *Rev. Museo La Plata*, nle série, t. V, N° 34, p. 219-238.
- (1965). Índice bibliográfico de Estratigrafía argentina. *Comisión Investigación Científica, Prov. Buenos Aires*, La Plata, 1 vol. 638 p.
- (1965). Sistemática estructural sedimentaria en los procesos de la orogénesis. *An. Com. Inv. Cient. Prov. Bs. Aires*, t. V.
- BRACACCINI, O. (1946). Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera Sanjuanino-Mendocina. *Bol. Inf. Petrol.*, p. 258-264, Buenos Aires.
- CHILOS, O. E. et BEE DE B. W. (1963). Backbone of the Americas (A symposium). Tectonic history from Pole to Pole. *Am. Ass. of Petr. Geol.* Tulsa (Oklahoma).
- FERUGLIO, E. (1941). Nota preliminar sobre la hoja geológica San Carlos de Bariloche, Patagonia. *Bol. Inf. Petrol.*, 20, Buenos Aires.
- GERTH, H. (1913). Die pampinen Sierren zentralargentinien. *Geol. Rundschau*, IV, 8, p. 577-588.
- (1931). La estructura geológica de la Cordillera argentina entre el Río Grande y el Río Diamante en el Sur de la provincia de Mendoza. *Actas Acad. Nac. Ciencias*, 10, Córdoba (con una carta a 1 : 200.000).
- (1932-1941). Geologie Süd Amerikas. in *Geologie der Erde, Borntraeger* éd., Berlin, 3 vol.
- (1961). Bau der südamerikanische Kordillere. 1 vol., 264 p. *Borntraeger* éd., Berlin.
- FAIRDRIE, G. (1964). Thoughts about expanding globe. *Geol. and Geophysics*, p. 59-88.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las sierras pampeanas. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, V, 3, p. 81-100, Buenos Aires.
- (1950). Geological cross section of the Cordillera de Los Andes about the parallel 33° Lat. *Bull. Geol. Soc. America*, 61, 1, p. 17-25.
- GROEBER, P. (1964). Hoja Chos Malal. *Rev. Soc. Geol. Argentina*, I, 3, p. 177-208, Buenos Aires.
- (1947). Hojas Sonneado y Maipo. *Rev. Soc. Geol. Argentina*, II, 2, p. 141-176 Buenos Aires.
- (1947). Hojas Bardas Blancas y Los Molles. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, II, 4, p. 409-433, Buenos Aires.
- (1951). La alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29° 30'. *Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat. Cienc. Geol. y Mus. Arg. Cienc. Nat.*, *Cienc. Geol.*, (1), 5, 352, p. Buenos Aires.
- GROEBER, P. et alt (1952). Mesozoico, in *Geogr. Rca. Argentina, GAEA*, t. II, 541 p. Buenos Aires.
- HOFSTETTER, R., FUENZALIDA, H., CECIONI, G. (1957). Chili. Lexique stratigraphique international, *C. N. R. S.*, Paris, 1 vol., 444 p.
- KLOHN, GIEHM C. (1960). Geología de la Cordillera de Los Andes de Chile central. Provincia Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. *Inst. Invest. Geol.*, 8, p. 3-95, Santiago.
- LEVI DE VALENZUELA, B. (1960). Estratigrafía del Jurásico y Cretácico inferior de la Cordillera de la Costa entre las latitudes 32° 40' y 33° 40'. *Univ. de Chile, Inst. Geol.*, Publ. 16, p. 221-269, Santiago de Chile.

- LOMNITZ, C. (1962). On the Andean structure. *J. Geophys. Res.*, 67, 1, p. 351-363, Washington.
- MUÑOZ CRISTI, J. (1960). Contribución al conocimiento geológico de la Cordillera de la Costa de la zona central. *Minales*, 69, 20 p. Santiago.
- (1964). Estudios petrográficos y petrológicos sobre el lacolito de la costa de las provincias de Santiago y Valparaíso. *An. Fac. Ciencias Fis. Mat.*, vol 20-21, 93 p., Santiago de Chile.
- PICARD, L. (1948). La structure du Nord-Ouest de l'Argentine avec quelques réflexions sur la structure des Andes. *B. S. G. F.* (5), VIII, p. 765-846.
- RASMUS, J. (1916). Rasgos geológicos generales de las sierras pampeanas. *Dir. Gen. Min. Hidrolog.*, Bol. 3-13, p. 18, Buenos Aires.
- SCHILLER, W. (1912). La alta Cordillera de San Juan y Mendoza. *An. Min. Agric. Geol.*, VII, 5, 64 p., Buenos Aires.
- THOMAS, H. (1950). Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga. *Inst. Investig. Geol.*, 2, Santiago.
- WETZEL, W. (1951). Die Abbildung des submarinen vulkanismus in sedimenten der andrien Geosynklinalen. *Noves. Jahrb. Min.*, H. 8, p. 177-192.
- ZEIL, W. (1960). Zur geologie der Nordchilenischen Kordilleren. *Geol. Rundschau*, 50, p. 639-673.
- (1964). Geologie von Chile. 1 vol. *Borntraeger* éd., Berlin.