

710.



**SIMPOSIO PANAMERICANO
DEL MANTO SUPERIOR**

**PAN-AMERICAN SYMPOSIUM
ON THE UPPER MANTLE**

VOLUMEN II

**GRUPO II
MANTO SUPERIOR
PETROLOGIA Y TECTONICA**

**GROUP II
UPPER MANTLE
PETROLOGY AND TECTONICS**

Serie Aparatos No. 22
Departamento de Geología
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



**INTERNATIONAL
UPPER MANTLE
SYMPOSIA No. 22-B
MEXICO 1969**

**SIMPOSIO PANAMERICANO
DEL MANTO SUPERIOR**

México, D. F., Marzo 18-21, 1968

**PAN AMERICAN SYMPOSIUM
ON THE UPPER MANTLE**

México, D. F., March 18-21, 1968

en colaboración con / in collaboration with

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, U.N.A.M.

INTERNATIONAL COMMITTEE OF
THE UPPER MANTLE, I.U.G.G.

UNESCO

e / and

INSTITUTO PANAMERICANO DE
GEOGRAFÍA E HISTORIA

VOLUMEN II

GRUPO II

MANTO SUPERIOR,

PETROLOGÍA Y TECTÓNICA

GROUP II

UPPER MANTLE, PETROLOGY
AND TECTONICS

Publicado con la cooperación económica del
Published with the economic cooperation of the
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, U.N.A.M.

CONTENIDO / CONTENTS

Geologic Evidence Relating to the Origin of the Northern Half of the Gulf of California R. Gordon Gastil, Edwin C. Allison, Richard P. Phillips	1
Four Fracture Zones off Mexico T. E. Chase and H. W. Menard	7
The Mexican Volcanic Belt-Structure and Development. Formation of Fractures by Differential Crustal Heating Federico Mooser	15
Relación de las Serpentinitas con la Tectónica de América Central Gabriel Dengo	23
Structure and Dynamics of the Brazilian Coastal Area F. F. M. de Almeida	29
Relación Entre Estructura y Volcanismo Cuaternario Andino en Chile Ernesto Pérez D'Angelo, Luis Aguirre Le Bert	39
Tectonics of Chile E. Kausel and C. Lomnitz	47

Editores

Manuel Maldonado-Koerdell, editor
Guadalupe Zamarrón, editora auxiliar

Instituto de Geofísica, U.N.A.M.
Ismael Herrera, Director

Torre de Ciencias, 3er. Piso
México 20, D. F. México

SIMPOSIO PANAMERICANO DEL MANTO SUPERIOR

(México, D. F., Marzo 18-21, 1968)

PAN-AMERICAN SYMPOSIUM ON THE UPPER MANTLE

(México, D. F., March 18-21, 1968)

GRUPO II. MANTO SUPERIOR, PETROLOGÍA Y TECTÓNICA

GROUP II. UPPER MANTLE, PETROLOGY AND TECTONICS

**RELACIÓN ENTRE ESTRUCTURA Y VOLCANISMO
CUATERNARIO ANDINO EN CHILE**

ERNESTO PÉREZ D'ANGELO*, LUIS AGUIRRE LE BERT**



ABSTRACT

A working hypothesis is proposed to explain the relationship between Longitudinal Depressions and Quaternary Andine Volcanism in Chile.

A revision of the literature shows that Quaternary volcanic activity takes place only where the depression is well developed. As the depression has been shown to be of tectonic origin, this relationship is attributed to the presence of normal, vertical faults that would reach through the crust down to the deepest magmatic chambers.

The Norte Chico (27° to 33°S) is characterised by the absence of both the Longitudinal Depression (Central Valley) and the Quaternary Andine Volcanism. Structural date related to the nature of faulting is analysed. Contrasting with the normal, vertical faults characterizing the regions of Norte Grande (17°30' to 27°S) and Chile Central y Sur (33° to 42°S), the main faulting in the Norte Chico are thrust faults dipping from 20° to 80°. It is supposed that this faulting has sealed the magmatic channels hindering the outpouring of volcanic material.

Based on these features a geotectonic province is proposed coinciding in extension with the geographical region of Norte Chico.

* *Publicación Núm. 33, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.*

** *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.*

RESUMEN

Se propone una hipótesis para explicar la relación observada entre las Depresiones Longitudinales y el Volcanismo Cuaternario Andino en Chile.

Se pone en evidencia, a través de la literatura, el origen tectónico de la Depresión Longitudinal (Valle Central) y el hecho que sólo en aquellas regiones donde ésta tiene desarrollo se manifiesta actividad volcánica cuaternaria en los Andes. Se atribuye esta relación a la existencia conocida de fallas normales y verticales que alcanzarían el nivel de las cámaras magmáticas más inferiores.

Se considera, en particular, la región del Norte Chico (27°S a 33°S) caracterizada por la ausencia de la Depresión Longitudinal y Volcanismo Cuaternario Andino y se analizan algunos datos estructurales relacionados con el tipo de fallamiento. Por oposición a las fallas normales verticales de las regiones del Norte Grande (17°30' a 27°S) y de Chile Central y Sur (33° a 42°S), las principales fallas observadas en el Norte Chico tienen carácter inverso e inclinación variable entre 20° y 80°. Este tipo de falla se supone ha operado sellando los accesos magmáticos hacia la superficie.

A base de estas características particulares se propone la separación de una provincia geotectónica que coincide con la región geográfica del Norte Chico.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO DEL TRABAJO

Durante las últimas décadas varios autores han señalado la estrecha relación existente entre estructura y volcanismo cuaternario. Esta relación ha sido parcialmente analizada en cuanto a sus mecanismos, quedando sin explicación la forma en que ella se manifiesta en extensas regiones del país.

El presente trabajo, de carácter preliminar, tiene por objeto señalar algunos antecedentes e hipótesis que, a juicio de los autores deben ser tomados en cuenta en futuros estudios de este problema.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los señores Giovanni Cecioni y Jean Claude Vicente quienes leyeron críticamente este trabajo, aportando valiosas sugerencias.

ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS*

Entre los paralelos 17°30' y 42°S, área a que se refiere el presente trabajo, pueden diferenciarse tres unidades geomorfológicas mayores: a) Cordillera de la Costa; b) Depresión Intermedia, conocida también como Valle Central o Valle Longitudinal y c) Cordillera de los Andes (Fig. 1).

En la región comprendida entre los paralelos 17°30' y 27°S, conocida como Norte Grande, estas tres unidades están bien definidas. La Cordillera de la Costa presenta un ancho medio de 50 km y una altura máxima de 3.100 m s.n.m.; su topografía es madura y su pendiente occidental cae abruptamente hacia el océano desde alturas de 500 a 1.000 m. Al este, el límite con la Depresión Intermedia es transicional. La Depresión Intermedia es una planicie de una altura variable entre 700 y 1.300 m, ubicada entre la Cordillera de la Costa y los Andes; su eje es oblicuo con respecto a la costa, de modo que alcanza el océano a la latitud de Arica. Está rellena por materiales detríticos provenientes principalmente de la Cordillera de los Andes. La Cordillera de los Andes se levanta desde la Depresión Intermedia en forma de un plano inclinado cubierto por depósitos de piedemonte y rocas volcánicas liparíticas; este plano se extiende hasta la Puna o Altiplano, una extensa meseta cuya altura varía entre 4.000 m y 4.300 m. De esta meseta se levantan numerosos conos volcánicos cuaternarios que alcanzan alturas de 6.000 m y más. Algunos de estos volcanes están aún activos.

En la región comprendida entre los paralelos 27° y 33°S, conocida como Norte Chico, la Depresión Intermedia o Valle Central desaparece en su expresión geomorfológica y es sustituida por valles transversales. Según FUENZALIDA (1965, p. 12) en esta parte del país pueden reconocerse dos entidades fisiográficas engranadas: una región montañosa oriental, cortada transversalmente por numerosos valles de erosión, y otra costera formada por grandes planicies de abrasión marina que remontan paulatinamente hacia el interior y que han sido algo disecadas por la erosión de los arroyos y de los ríos. Las mayores alturas de los picachos andinos son ligeramente inferiores a las observadas en las regiones al norte y al sur, y el volcanismo cuaternario está prácticamente ausente.

* Basado en trabajos de diversos autores.

Entre los paralelos 33° y 42°S —Chile Central y Sur— vuelven a manifestarse claramente las tres unidades geomorfológicas fundamentales. La Cordillera de la Costa alcanza sus mayores alturas (2.200 m) en la latitud de Santiago y luego se deprime hacia el sur hasta alcanzar alturas de 500 m y menos en la zona de Concepción. Al sur de esta localidad vuelve a alcanzar cerca de los 1.000 m en la Cordillera de Nahuelbuta para deprimirse nuevamente. El rasgo más importante de esta región lo constituye el Valle Central, depresión de cerca de 900 km de largo con un ancho variable entre 20 y 50 km y relleno por sedimentos glaciales, fluvio-glaciales, fluviales, eólicos y corrientes de barro, en parte lahares. La Cordillera de los Andes alcanza su mayor altura en los conos volcánicos cuaternarios en las cercanías de Santiago (6.500 m) y se deprime paulatinamente hacia el sur hasta alcanzar una altura máxima de 2.500 m cerca de Puerto Montt. En este tramo de los Andes se encuentran numerosos volcanes activos.

ESTRUCTURA Y VOLCANISMO CUATERNARIO

Diversos autores han indicado una relación entre el volcanismo cuaternario y la existencia de un Valle Central de origen tectónico, y señalado que el desarrollo de volcanes cuaternarios coincide con aquellas zonas del país en las cuales el Valle Central está bien formado. Por el contrario, entre las latitudes 27° y 33°S, correspondiente al Norte Chico o Zona de los Valles Transversales —donde no hay Valle Central— la actividad neovolcánica es insignificante (Fig. 1).

Se analizan a continuación algunos elementos que intervienen en el problema.

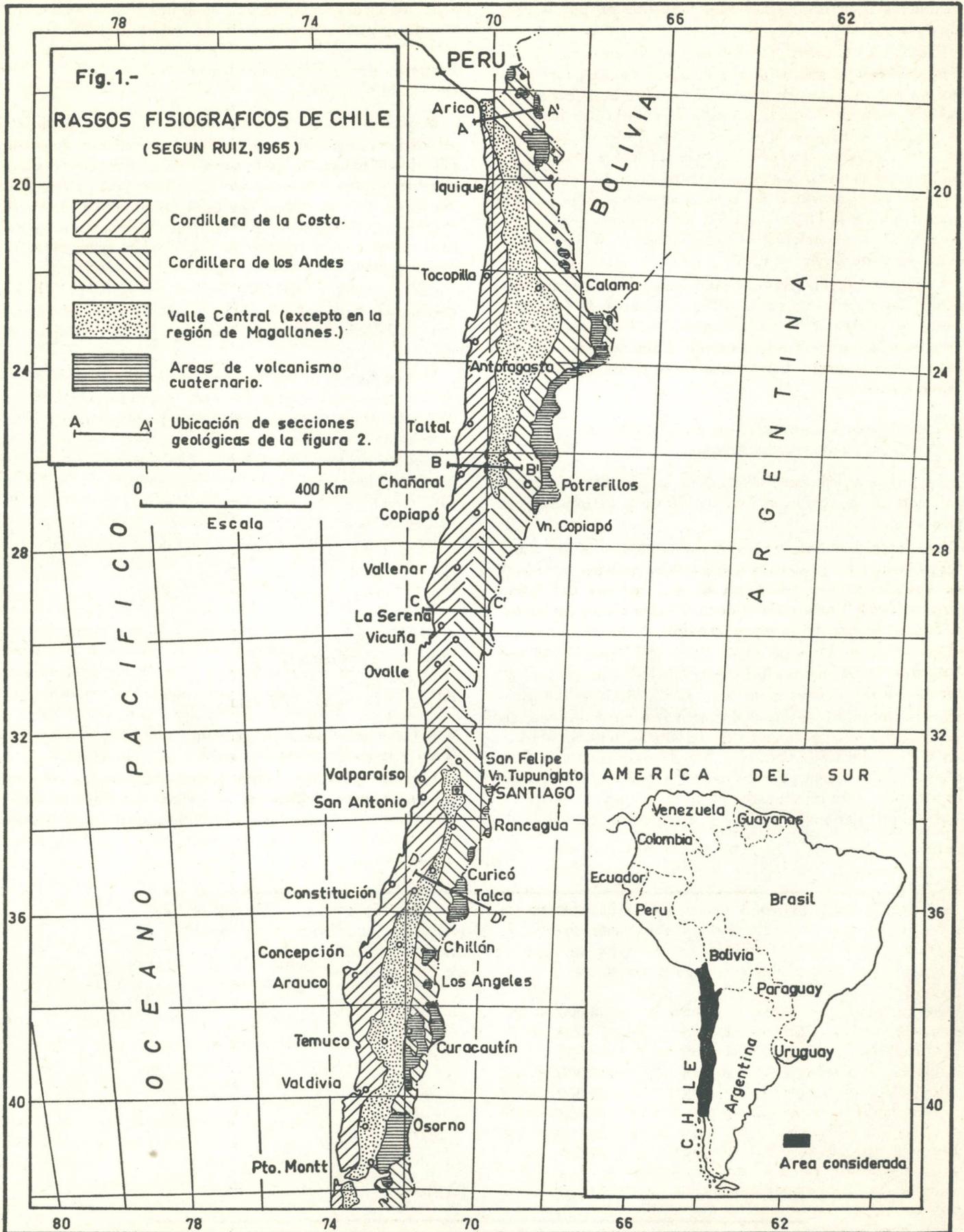
ORIGEN TECTÓNICO DEL VALLE CENTRAL

FELSCH (*in* CARTER y AGUIRRE, 1965, p. 653) y más tarde BRUEGGEN (1950) describieron los componentes estructurales del Valle Central, principalmente en base a evidencias geomorfológicas de los alrededores de Santiago.

Ambos autores señalan que el Valle Central está limitado por dos líneas de fallas de rumbo norte que separan la Cordillera de la Costa de la Cordillera de los Andes. BRUEGGEN (1950, p. 80) sugiere aún que esta estructura mayor de tipo graben se extiende hasta el límite norte del país.

GERTH (1955, p. 223-230) concuerda con la idea que el Valle Central es un "rift valley". LOMNITZ (1959) realizó perfiles gravimétricos en el Valle Central de la región de Chillán indicando la existencia de una falla casi vertical con desplazamiento del orden de 2.000 m y situada hacia el borde oriental de la Cordillera de la Costa. AGUIRRE (1960) describió la existencia de una importante falla en la región pre-andina de la provincia de Aconcagua que denominó Falla Procuero. Esta estructura presenta un desplazamiento vertical de aproximadamente 2.000 m calculado a base de correlación estratigráfica y correspondería a la prolongación septentrional de la zona de falla descrita por Brueggen como límite oriental del Valle Central en la zona de Santiago.

FENNER (1961, p. 92) liga el origen tectónico del Valle Central con la existencia de lentes magmáticos en profundidad y expresa que "... el Valle Central se ha formado probablemente por hundimientos sucesivos de lentes magmáticos separados por zonas estranguladas que hoy día constituyen



cordilleras transversales borradas parcialmente por la erosión”.

CARTER Y AGUIRRE (1965) han expresado que la división geomorfológica tripartita de Chile Central, está controlada por rasgos estructurales. Estos últimos se extienden hacia el norte de Santiago a través de toda la provincia de Aconcagua —parte de la región de los Valles Transversales— aún cuando su expresión geomorfológica desaparece. Según estos autores, la expresión estructural del Valle Longitudinal en la provincia de Aconcagua estaría dada por un graben que sería la prolongación del accidente —a la vez estructural y geomorfológico— conocido como Valle Central entre las latitudes 33° y 42°S.

La mayoría de los autores citados coincide en asignar una edad pliocena a cuaternaria a las estructuras de falla que controlan el graben del Valle Central. Sin embargo, algunas de ellas podrían constituir zonas de debilidad más antiguas cuyo desplazamiento mayor habría ocurrido a fines del Terciario.

DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DEL VOLCANISMO CUATERNARIO ANDINO.

Las rocas volcánicas cuaternarias se distribuyen principalmente en la región andina del Norte y Centro-Sur del país (Fig. 1).

La Tabla I indica —en forma cuantitativa— las áreas ocupadas por los productos del volcanismo cuaternario y el número de centros volcánicos en las regiones del Norte Grande, Norte Chico y Chile Central y Sur correspondientes al área de interés del presente trabajo.

En el norte Grande, según LEVI (in RUIZ, 1965, p. 106-107), las primeras efusiones, probablemente provenientes de fisuras, consisten en andesitas y decitas; las más jóvenes, relacionadas con conos activos o apegados son, en su mayoría, coladas de andesitas basálticas, basaltos y escasas riolitas. En Chile Central y Sur, las efusiones más tempranas corresponden principalmente a andesitas y andesitas basálticas y están relacionadas en su mayor parte con actividad fisural. Las más recientes y actuales, de tipo central,

consisten en lavas andesíticas, andesitas basálticas, basaltos y riolitas, y tobas y pómez de naturaleza dacítica.

RELACIÓN ENTRE VALLE CENTRAL Y VOLCANISMO CUATERNARIO ANDINO.

BRUEGGEN (1950, p. 290) expresa que “es notable la relación del volcanismo con el Valle Longitudinal. Solamente allá donde existe un Valle Longitudinal bien desarrollado, aparece al este de él, en la Alta Cordillera, una extensa zona volcánica. Con la última depresión longitudinal en Pueblo Hundido y la depresión de Maricunga desaparecen los volcanes nuevos en el interior de Copiapó, los que reaparecen con el comienzo del Valle Longitudinal en Santiago.”

CERTH (1955, p. 233-230) sugiere que el fallamiento que originó el “rift valley” estuvo estrechamente relacionado con los actuales cinturones volcánicos de la Cordillera Andina.

MUÑOZ CRISTI (1956, p. 213) señala que la distribución de los volcanes cuaternarios está estrechamente asociada con depresiones tectónicas recientes y sólo donde el Valle Longitudinal está bien desarrollado existen volcanes en la Cordillera de los Andes. Según este autor, esto es válido para los volcanes del Norte Grande, mientras que en el Norte Chico, donde la depresión longitudinal no es importante, no existen volcanes. Estos reaparecen en la latitud de Santiago donde empieza el Valle Longitudinal de Chile Central y Sur. Las cuencas terminan en la latitud de Chiloé (42°S) y de allí hacia el sur los volcanes son escasos.

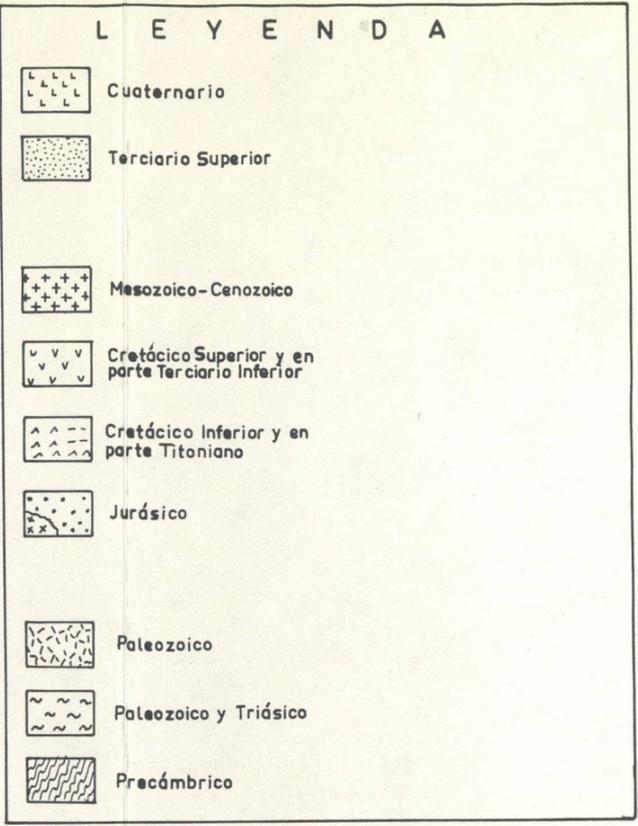
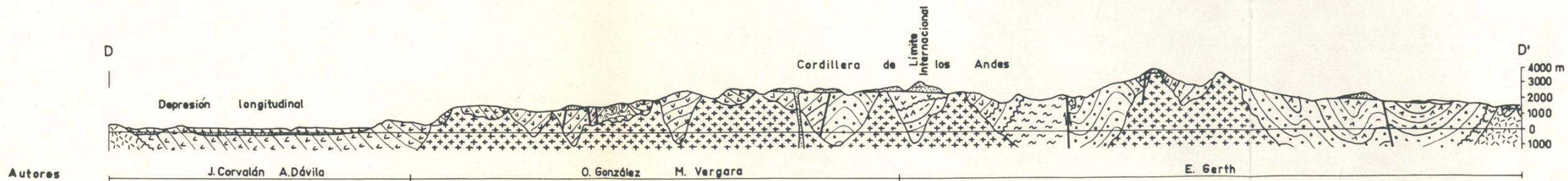
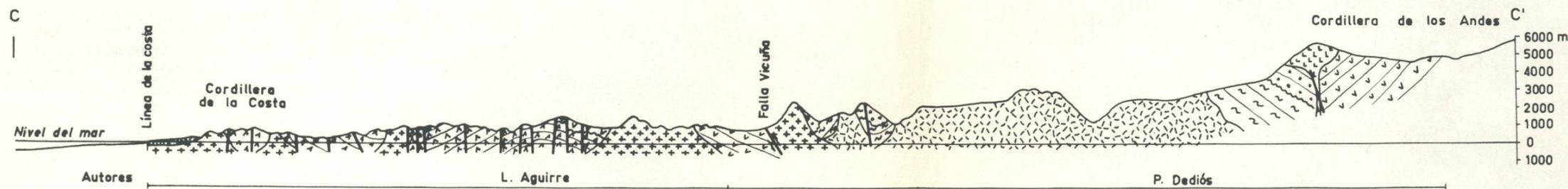
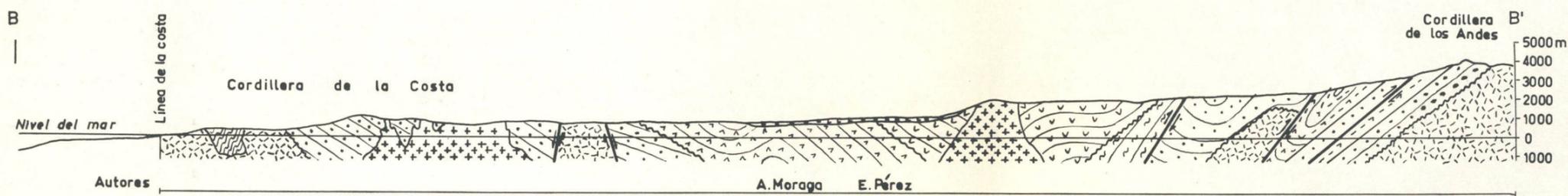
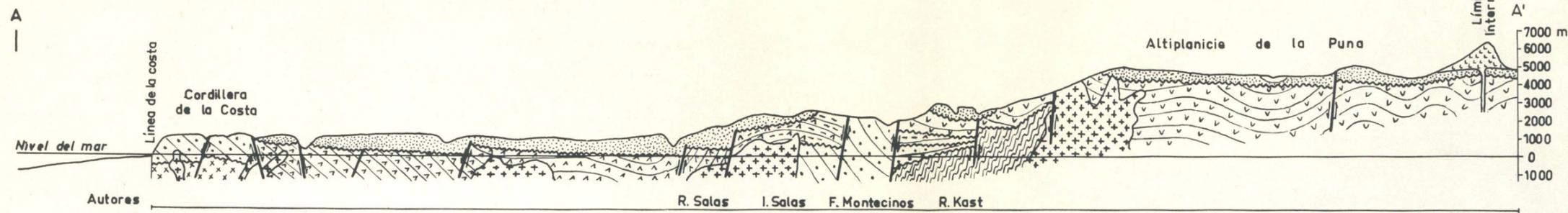
FENNER (1961, p. 92-93) señala que “no puede deberse a la casualidad el hecho de que en Chile, al poniente de cada Cordillera coronada por volcanes, se encuentra una depresión que, en el Norte Grande, carece de desagüe, mientras que entre el volcán Copiapó y el volcán Tupungato no existen volcanes y tampoco existe la depresión característica ya que, como es sabido, no existe un Valle Central o Longitudinal y tampoco existe una Cordillera de la Costa”.

CARTER Y AGUIRRE (1965, p. 662) concuerdan en que la evidencia actual indica que el graben del Valle Central y el cinturón volcánico de la frontera están estrechamente

TABLA I*

SECTOR	SUPERFICIE DEL PAÍS EN KM CUADRADOS	SUPERFICIE OCUPADA POR ROCAS VOLCÁNICAS CUATERNARIAS EN KM CUADRADOS	NÚMERO DE CENTROS VOLCÁNICOS.
17°30' a 28°S	233.000	35.000	475
28° a 33°S	75.000	170	4
33° a 35°S	38.000	500	11
35° a 42°S	145.000	18.000	62
42° a 46°S	63.000	800	9
46° a 50°S	74.000	0	0
50° a 53°S	80.000	800	4
53° a 56°S	32.700	0	0
Total	740.700	55.270	565

* Chávez y Henríquez (in RUIZ, 1965, p. 105)



ESCALAS
 Horizontal 1 : 500 000
 Vertical 1 : 250 000

La ubicación de las secciones se encuentran en la Fig. 1.

Figura 2. Secciones geológicas transversales del norte y centro de Chile. Tomado de Ruiz (1965).

relacionados en tiempo geológico y se han formado indudablemente bajo condiciones semejantes de "stress", y que ambos elementos parecen haber sido formados después de compresión y plegamiento, probablemente como resultado de distensión. Las fuerzas así desarrolladas tenían aparentemente un asiento profundo y causaron las fallas, tales como las de Pocuro y aquellas a lo largo de la frontera, las que se extendieron a través de la corteza hasta las cámaras magmáticas más inferiores

LEVI (*in* RUIZ, 1965, p. 105) señala "el desarrollo de la actividad volcánica en Chile durante el Cuaternario, guarda relación con la existencia de flexuras y depresiones tectónicas; en las áreas en que éstas existen, los productos del volcanismo cuaternario alcanzan su máximo desarrollo, cubriendo fajas paralelas a estas estructuras".

LA PROVINCIA GEOTECTÓNICA DEL NORTE CHICO

La ausencia de volcanismo entre las latitudes 27° y 33°S podría explicarse en forma satisfactoria si se llega a establecer que las estructuras mayores de falla que determinan la formación del Valle Central al sur del paralelo 33°S no tienen continuidad hacia el norte. No parece ser este el caso, sin embargo, como lo demuestran estudios recientes en la región del Norte Chico. CARTER y AGUIRRE (1965, p. 662) concluyen que los componentes estructurales de falla del Valle Central se extienden hacia el Norte a través de la provincia de Aconcagua, aunque su expresión geomorfológica desaparece. THOMAS (1968), en su levantamiento 1: 250.000 de la zona comprendida entre las latitudes 30° y 32°S, en la provincia de Coquimbo, ha encontrado fallas importantes que serían, con mucha probabilidad, la continuación de la línea de falla Pocuro de las provincias de Aconcagua y Santiago. DEDIOS (1967), en un levantamiento cuadrangular 1: 50.000, ha mapeado una importante falla (Falla Vicuña) de Edad Cenozoica al este del pueblo de Vicuña en la provincia de Coquimbo la que, por su posición y elevado rechazo (3.000 m), podría ser también la prolongación de la línea de falla antes citada, que de este modo se extendería, en forma comprobada, por más de 500 Km. En la región contigua al oeste de la de Vicuña, ACUIRRE y EGERT (1965) han observado un sistema de fallas de características regionales, ubicadas entre las longitudes 70°45' O y 71°O, las que por el sentido de su movimiento podrían representar la línea limítrofe occidental de una estructura de graben cuyo borde oriental se encontraría dado por la Falla Vicuña. WILLIS (1929), en un trabajo de reconocimiento en las provincias de Atacama y Coquimbo, ha señalado a su vez la presencia de extensos sistemas de fallas al norte de la latitud 30°S, los que se extenderían en forma continua hasta Potrerillos.

Establecida la muy probable continuidad de las estructuras que controlan el graben del Valle Central en la región del Norte Chico, cabría preguntarse cuál es la razón de la ausencia en ella de un Volcanismo Cuaternario Andino. Para intentar una explicación a esta aparente anomalía, los autores sugieren la hipótesis que enseguida se desarrolla.

Al analizar la relativamente escasa información geológica disponible, es posible comprobar que las fallas principales del Norte Chico difieren de las de la Depresión Longitudinal en Chile Norte y Central-Sur. Las primeras son,

en muchos casos, el posible resultado de fuerzas de compresión horizontales que han originado planos inversos de inclinación variable, en tanto que, como ya ha sido señalado, las segundas serían fallas garvitacionales de distensión. En estas estructuras inversas los autores ven una explicación para la ausencia de volcanismo cuaternario, dado que estos mecanismos de fallamiento habrían sellado el escurrimiento de corrientes magmáticas hasta la superficie acumulando espesores de varios miles de metros de roca. Una hipótesis similar ha sido expresada por WILLIAMS (1951, p. 46) para los Alpes e Himalayas cuando anota: "To be sure, not all young mountains have volcanoes, there is none in the Alps or the Himalayas. These mountains have an unusual structure that suppresses eruptions. They were formed by low-angle thrusting and overfolding of the earth's skin; one layer is piled on another, making a thick cover of rock through which magma does not escape. In the mountain belts where volcanoes do occur there is less overlapping of the rock layers; these mountains have steep fractures that go deep into the earth".

En el Norte Chico el fallamiento inverso explicaría también que pese a la carencia de material volcánico cenozoico, las alturas máximas alcanzadas por la Cordillera (sobre 6.000 m s.n.m.) son similares a las del Norte Grande y Chile Central y Sur. Debe considerarse por otra parte que en el Norte Grande los volcanes cenozoicos con alturas de 6.000 m s.n.m. o más se levantan desde el nivel base de la Puna, meseta de 4.000 m s.n.m. constituida por rocas mesozoicas.

Algunas áreas geológicamente conocidas ilustran las características estructurales descritas. Así, DEDIOS (1967, p. 48-49) asigna a la falla inversa de edad cenozoica al oriente de Vicuña, una inclinación al este de unos 25°. El bloque oriental que representa la parte solventada y está constituido por rocas graníticas terciarias recubre rocas estratificadas de la formación Los Elquinos de edad cretácica superior (Fig. 2, C)

Al este de Vallenar, la repetición de niveles del Jurásico Inferior marino y la superposición del Basamento Metamórfico —de probable edad paleozoica y/o precámbrica— sobre estos últimos, sugiere la existencia de un fallamiento de tipo inverso. Esta misma situación estaría indicada por la topografía dado que el relieve rejuvenecido por esta estructura se refleja en las rocas del basamento cuyos rasgos marcadamente abruptos contrastan con el carácter de planicie que ellas muestran en todas sus áreas de afloramiento en el resto del país.

SEGERSTROM (1960, p. 18) menciona la existencia al este de Copiapó (27° a 27°30'S) de cuatro fallas inversas de bajo ángulo con rumbo noreste e inclinación máxima de 25°. Más hacia el este, en la longitud 69°45'0, el mismo autor ha observado la presencia de tres fallas inversas de ángulo mayor ubicadas en el núcleo de un anticlinorium. Tienen rumbo sinuoso al noreste y presentan inclinaciones variables entre 40° y 80°. La más occidental de estas fallas levanta rocas paleozoicas y mesozoicas por sobre estratos mesozoicos más jóvenes situados al noroeste.

Más al norte, en el área de Potrerillos —probablemente en una región de transición a la tectónica del Norte Grande— varios autores (WILLIS, 1929; PÉREZ, 1959 y HARRINGTON, 1961) reconocieron un sistema de fallas in-

versas condicionadas por un plegamiento de tipo imbricado con ejes de rumbo general noreste e inclinaciones de 30° a 50° hacia el oeste, que coinciden con el rumbo y buzamiento de los estratos (Fig. 2, B). Las dos fallas principales del sistema muestran niveles marinos del Jurásico Inferior superpuestos a rocas del Cretácico Inferior, lo que ha permitido, a base de correlación estratigráfica, calcular un rechazo vertical del orden de 1.000 m.

Las estructuras representadas en los perfiles de la figura 2, B y C, destacan un estilo tectónico particular que contrasta fuertemente con el observado en las regiones del Norte Grande y Chile Central y Sur. Estas diferencias se aprecian claramente comparando las secciones B y C con los perfiles correspondientes a las zonas de Arica y de Curicó (Fig. 2, A y D).

Los atributos expuestos justifican la separación de una provincia geotectónica que se extendería entre las latitudes 27° y 33°S del territorio chileno y que coincide con la región geográfica denominada Norte Chico. Esta provincia se caracteriza principalmente por el fallamiento de carácter inverso de las rocas mesozoicas y por la ausencia de Volcanismo Cuaternario Andino y de Depresión Longitudinal. Basado en consideraciones de carácter sísmico, LOMNITZ (1962, p. 353-354) ha esbozado una división de Chile en provincias tectónicas postulando también la existencia de una provincia del Norte Chico cuyo límite septentrional coincide con el de la provincia geotectónica recién propuesta. Su límite sur, en cambio, se encontraría según Lomnitz en una latitud cercana a los 30°S aproximadamente unos 300 Km más al norte del término del volcanismo cuaternario.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, L., 1960, Geología de los Andes de Chile Central, provincia de Aconcagua. Santiago, *Inst. Invest. Geol. Bol.* 9, 70 p.
- AGUIRRE, L. y E. EGERT, 1965, Cuadrángulo Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo. Santiago, *Inst. Invest. Geol., Carta Geol.*, Chile, N° 15, 92 p.
- BRUEGGEN, J., 1950, Fundamentos de la Geología de Chile. Santiago, *Inst. Geogr. Militar*, 365 p.
- CARTER, W. y L. AGUIRRE, 1965, Structural Geology of Aconcagua Province and its relationship to the Central Valley Graben, Chile. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 76, 651-664.
- DEDIOS, P., 1967, Cuadrángulo Vicuña, provincia de Coquimbo. Santiago, *Inst. Invest. Geol. Carta Geol.*, Chile, N° 16, 65 p.
- FENNER, R., 1961, Geostática; 8a. parte. Santiago, *Rev. Minerales* 72, 72-108.
- FUENZALIDA, H., 1965, Orografía. En Geografía Económica de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Texto refundido.
- GERTH, H., 1955, Der Geologische Bau der südamerikanischen Kordillere. Berlín-Nicolassee, *Grebrüder Borntraeger*, 264 p.
- GREVE, F., 1947, Sismicidad de Chile durante los años 1942, 43, 44, 45 y 46. Santiago, *Inst. Sismol., Univ. Chile*.
- HARRINGTON, H., 1961, Geology of parts of Antofagasta and Atacama Provinces, Northern Chile. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 45, 169-197.
- LOMNITZ, C., 1959, Investigaciones gravimétricas en la región de Chillán. Santiago, *Inst. Invest. Geol. Bol.* 4, 19 p.
- , 1962, On Andean Structure. *Geophys. Res.* 67, 1, 351-363.
- MUÑOZ CRISTI, J., 1956, Chile, in Handbook of South American Geology. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 65, 191-214.
- PÉREZ, E., 1959, Estratigrafía del Jurásico de Quebrada Asientos, Potrerillos, provincia de Atacama. Santiago, *Inst. Invest.*, Informe Inédito.
- RUIZ, C., 1965, Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile, *Inst. Invest. Geol.*, 305 p.
- SEGERSTROM, K., 1960, Structural Geology of an area East of Copiapó, Atacama Province, Chile. Copenhagen. *Inst. Geol. Congr. XXI Session, Norden. Part XVIII*, 14-20.
- THOMAS, H., 1968, Hojas Ovalle e Illapel. Santiago, *Inst. Invest. Geol.* (En preparación).
- WILLIAMS, H., 1951, Volcanoes, *Scient. Amer.*, 185, 5, 45-53.
- WILLIS, B., 1929, Earthquake conditions in Chile. *Carn. Inst. of Washington, Publ.* 382, 178 p.