

## NOTA GEOLOGICA

# Estructuras compresivas con vergencia al oeste en el borde oriental de la Depresión Central, Norte de Chile (19° 15' S)

Nelson Muñoz  
Patricio Sepúlveda

Empresa Nacional del Petróleo, Compañía 1085,  
Santiago, Chile

## RESUMEN

Se da a conocer la existencia de estructuras compresivas con vergencia al oeste, que determinan el límite entre la Depresión Central y la Cordillera de los Andes en el extremo norte de Chile. Estas estructuras se habrían generado durante el Mioceno medio a superior, como consecuencia de un sistema de empuje hacia el oeste, por el cual la Depresión Central se configura como un relieve negativo en el frente de deformación.

*Palabras claves:* Depresión Central, Estructuras, Norte de Chile.

## ABSTRACT

**Westward compressive structures at the oriental margin of the Central Depression, Northern Chile (19°15'S).** Westward compressive structures that mark the limit between the Central Depression and the Andean Cordillera at the northernmost part of Chile are here presented. A probable relationship between these structures and the origin of the depression is also discussed. These structures may have generated during the middle to late Miocene as a result of a westward thrust system which conditioned the formation of the Central Depression as a negative relief.

*Key words:* Central Depression, Structures, Northern Chile.

## INTRODUCCION

Las tres unidades morfoestructurales del norte de Chile: Cordillera de los Andes, Depresión Central y Cordillera de la Costa, están limitadas por sistemas de lineamientos de significado geológico poco conocido.

La Cordillera de los Andes en su límite con la Depresión Central, al sur de los 20° de latitud sur, está constituida por un sistema de pilares tectónicos delimitados por fallas de alto ángulo, de orientación norte sur, comprometiendo a bloques de basamento paleozoico y precámbrico (Skarmeta, 1983; Baeza y Pichowiak, 1988). Al norte de los 20°, rocas meso-

zoicas y cenozoicas conforman un sistema plegado y fallado de vergencia al oeste y orientación preferentemente al noroeste, con un marcado cambio de rumbo de las estructuras regionales.

En la precordillera de Iquique, zona intermedia en el cambio de rumbo de las estructuras, las secuencias mesozoicas presentan distintos estilos de deformación (Harambour, 1991). En su conjunto, estas estructuras constituyen el límite occidental del plateau Altiplánico, que sumado a los numerosos cuerpos intrusivos y volcanes cenozoicos limitan hacia el oeste con la Depresión Central.

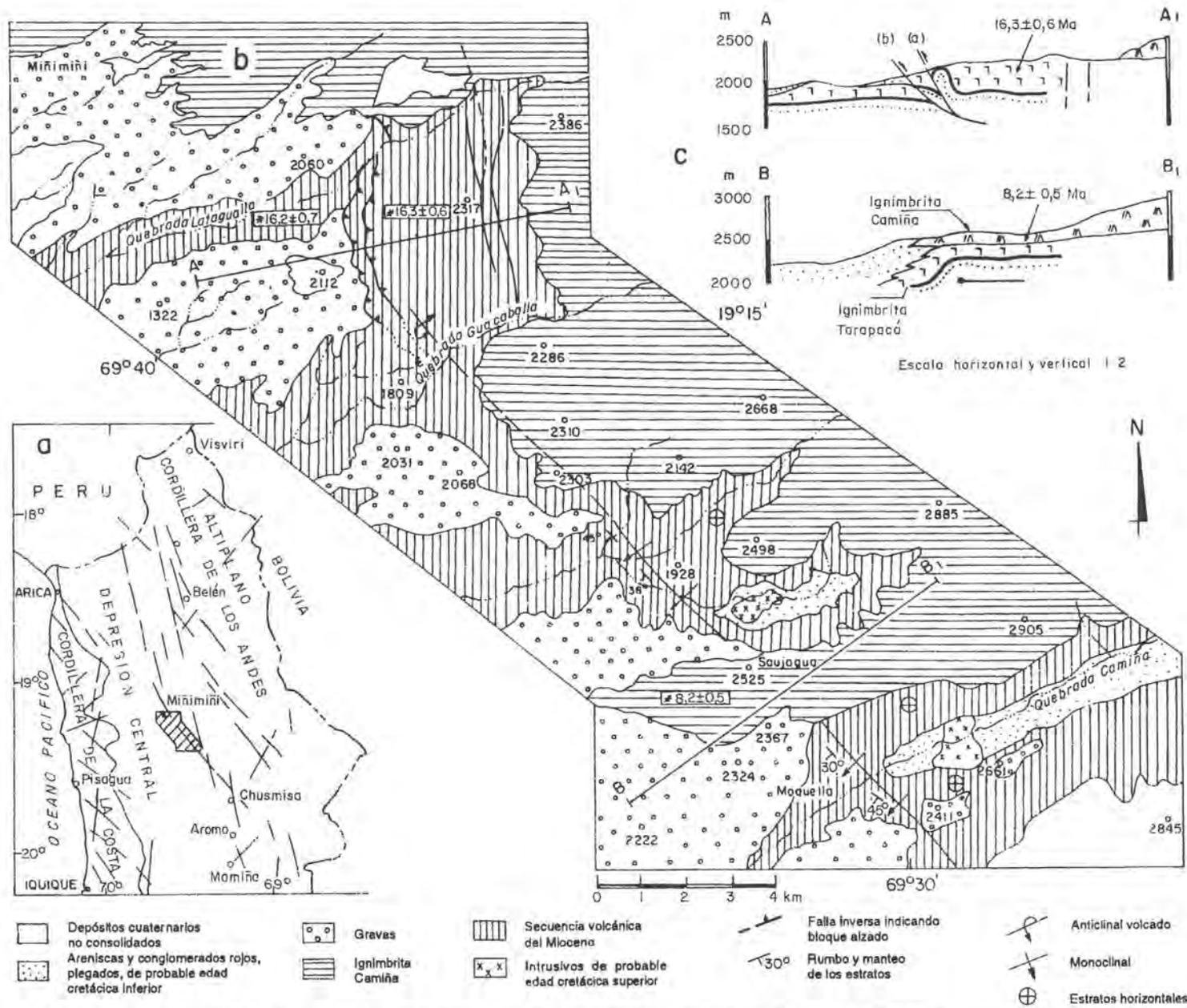


FIG.1. a- Mapa de ubicación; b- geología del sector comprendido entre las quebradas Latagualla y Camiña; c- perfiles geológicos

El propósito de esta nota es dar a conocer la presencia de estructuras de empuje con vergencia al oeste, que marcan el límite oriental de la Depresión Central a los 19°15' de latitud sur (Fig. 1a). Se

aportan antecedentes geocronológicos de las unidades involucradas en las estructuras y la relación de éstas con el relleno de la depresión.

## ESTRUCTURAS

Entre las localidades de Chusmisa y Miñimiñi (Fig. 1a; 1b) la erosión provocada por los cauces fluviales que desaguan hacia la Pampa del Tamarugal, dejan en evidencia, bajo la cubierta cuaternaria, las primeras estructuras existentes en el borde oriental de la Depresión Central.

Desde la localidad de Aroma hasta la quebrada Camiña, rocas volcánicas terciarias forman un pliegue monoclinial de rumbo N 40°W (Fig. 2) con manteos hacia el oeste variables entre 30° y 45°. En el mismo rumbo hacia el noroeste, en la quebrada Guacaballa (Fig. 1b) la secuencia forma un pliegue

asimétrico con limbo corto invertido.

Entre las quebradas Guacaballa y Latagualla la secuencia volcánica se encuentra plegada y fallada con pliegues asimétricos con vergencia occidental. La estructura la forman dos fallas «a» y «b» (Figs. 1c y 3) de limbo frontal (Butler, 1982) de 50° y 28° al este, respectivamente, que convergen en una superficie de empuje subhorizontal. La figura 4 muestra el punto de convergencia de dichas fallas a lo largo de una superficie de despegue (Boyer y Elliot, 1982) que se extiende hacia el este.

## DEPOSITOS FRONTALES

Asociados a estas estructuras, se desarrolla hacia el oeste una serie de abanicos aluviales coalescentes dando lugar a bajadas. Estos abanicos aluviales corresponden a los depósitos del frente montañoso que se derraman hacia la Pampa del Tamarugal y forman parte del relleno de la Depresión

Central. La figura 5 muestra el acuñaamiento de estos abanicos contra la estructura monoclinial. Se establece con esto una relación directa entre la estructura y los depósitos frontales, tratándose en este caso, de depósitos de gravas y de bloques principalmente volcanoclásticos.

## GEOCROLOGIA

La secuencia afectada por las estructuras descritas (Fig. 6a), se extiende hacia el oeste formando parte del relleno de la Depresión Central. Está formada por una unidad inferior de tobas y areniscas volcanoclásticas y dos flujos ignimbríticos superiores entre los cuales destaca como nivel de referencia, una ignimbrita vítrea de color negro de 20-30 m de potencia (Fig. 3), que aquí se denomina Ignimbrita Tarapacá.

Dataciones radiométricas de los flujos ignimbríticos, realizadas en el Laboratorio de Geocronología del Servicio Nacional de Geología y Minería, entregaron valores de  $16,3 \pm 0,6$  Ma para la

Ignimbrita Tarapacá y  $16,2 \pm 0,7$  Ma para la ignimbrita que la sobreyace (Tabla 1, muestras No. NMG-501 y NMG-500, respectivamente). Inmediatamente al norte de la localidad de Moquella, en la quebrada Camiña, la estructura monoclinial descrita está cubierta discordantemente por un flujo piroclástico, que en este estudio se denomina Ignimbrita Camiña, para la cual se obtuvo un valor de  $8,2 \pm 0,7$  Ma. (Tabla 1, muestra NMG-502; Fig. 1b), similar al obtenido por Mortimer y Saric (1975).

Más hacia el oeste, se han descrito intercalaciones de volcanitas de 22 Ma como parte del relleno de la Depresión Central (Naranjo y Paskoff, 1985). Hacia



FIG. 2. Vista panorámica hacia el norte de la estructura monoclinnal en rocas volcánicas del Mioceno, delimitando la Pampa del Tamarugal, hacia el oeste.

FIG. 3. Vista hacia el sur mostrando las fallas 'a' y 'b' de limbo frontal. Destaca como nivel de referencia la Ignimbrita Tarapacá.

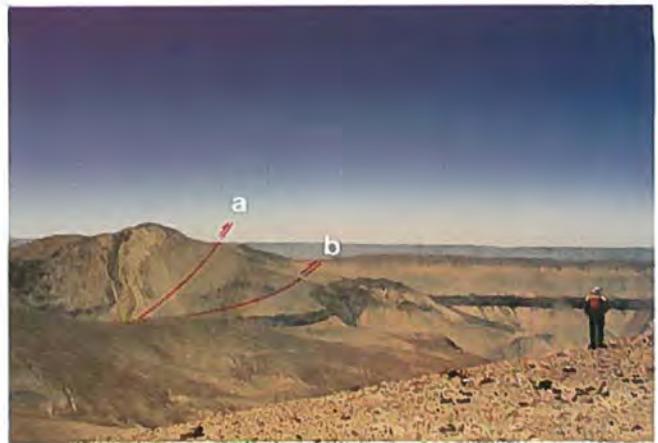


FIG. 4. Vista hacia el sur. Detalle que muestra el punto de convergencia de las fallas 'a' y 'b' de la figura 3, en la superficie de despegue que se extiende hacia el oeste. Destaca el pliegue en la Ignimbrita Tarapacá.



FIG. 5. Vista hacia el norte de la estructura monoclinnal en el sector de Moquella. Destaca el acuñaamiento de gravas contra la estructura.

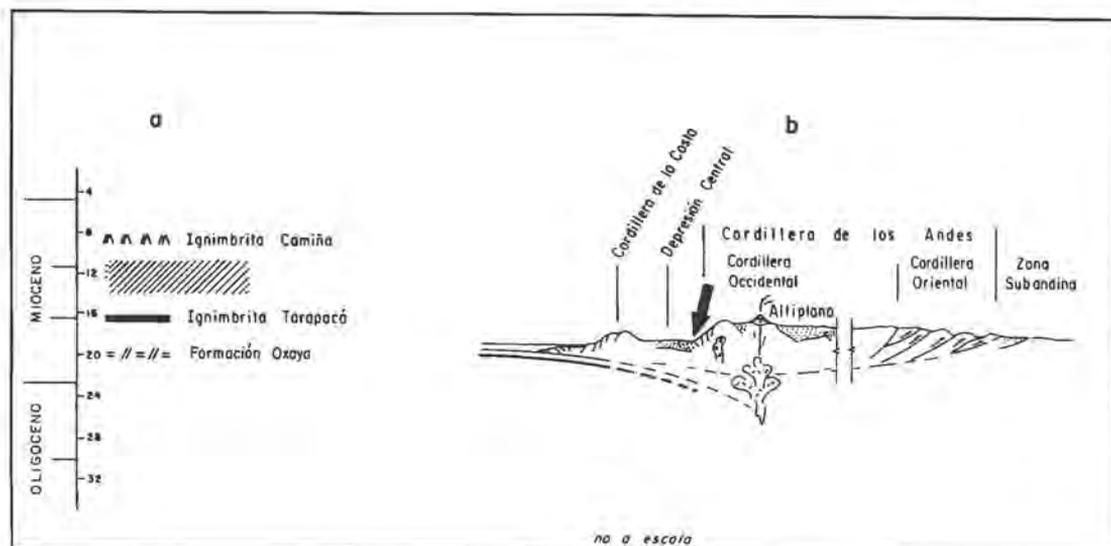


FIG. 6. Marco geotectónico de la Depresión Central y ubicación relativa de las estructuras descritas: a- cronología de las estructuras de empuje de vergencia al oeste; b- perfil geotectónico esquemático.

el norte, las volcanitas de la Formación Oxaya (Montecinos, 1963; Naranjo y Paskoff, 1985) de 19 Ma, forman parte también de dicho relleno.

De acuerdo a lo descrito, estas estructuras ubicadas en el borde oriental de la Depresión Central, se

habrían formado como parte de un episodio de deformación compresional ocurrido entre los 8 y 16 Ma, aproximadamente en el Mioceno medio a superior.

TABLA 1. DATACIONES RADIOMETRICAS

No. Muestra	Material	%K	<sup>40</sup> Ar rad. (nI/g)	%Ar Atm.	Edad (Ma±)
NMG-500	roca total	2,297	1,458	46	16,2 ± 0,7
NMG-501	biotita	6,954	4,466	61	(*)
NMG-501	biotita	6,954	4,466	56	(*)
			(*) Media ponderada		16,3 ± 0,6
NMG-502	roca total	2,159	0,618	84	(**)
NMG-502	roca total	2,159	0,618	72	(**)
			(**) Media ponderada		8,2 ± 0,5

NMG-5C2: Ignimbrita Camiña

NMG-5C 1: Ignimbrita Tarapacá

## DISCUSION

Según Mortimer y Saric (1975), el origen de los tres rasgos morfoestructurales del norte del país sería la respuesta a un 'tectonismo extensional' que habría ocurrido durante el Oligoceno, resultando una 'tectónica de bloques' con el consiguiente relleno de las áreas deprimidas como la Depresión Central. Los datos presentados aquí indican que la Depresión Central sería también una respuesta a estados de compresión.

La relación de las estructuras aquí analizadas con el diseño y evolución de los Andes a esta latitud, probablemente se enmarca en el contexto de la configuración del plateau altiplánico. Es así como, en el sector de Parinacota, el Altiplano está delimitado hacia el occidente por un sistema de fallas de empuje de alto ángulo, de vergencia oeste, que ponen en contacto unidades del Precámbrico, Mesozoico y Cenozoico (R. Charrier y N. Muñoz, comunicación oral, 1992).

Durante el Terciario, los distintos estados de los stress principales máximos regionales, han determinado la configuración del relieve montañoso. Hacia el oriente, la construcción del plateau Altiplánico es la respuesta a estos distintos estados, con períodos de intensa deformación y apilamiento tectónico y momentos de relajación con generación de cuen-

cas (Isacks, 1988; Froidevaux y Isacks, 1984; Froidevaux y Ricard, 1987).

En la cordillera del sur peruano y en Bolivia, numerosos trabajos indican que durante el Terciario la evolución geológica se ha caracterizado por una sucesión de eventos o pulsos compresionales y extensionales, de distinta magnitud, que se desarrollaron a partir del Eoceno superior (Lavenue, 1982; Lavenue y Marocco, 1984; Ellison *et al.*, 1989; Marocco y Noblet, 1990; Sempere *et al.*, 1990). Dichos eventos, han determinado el desarrollo de relieves positivos, como la franja plegada de la Cordillera Oriental, o relieves negativos, como la cuenca de antepaís del subandino externo, o la gran cuenca intramontaña del altiplano (Fig. 6b).

La Depresión Central del norte de Chile, constituiría una cuenca continental de antearco, cuyo relleno se inició bajo un régimen endorreico a partir del Oligoceno superior (Naranjo y Paskoff, 1985) y que habría permanecido, durante el Mioceno medio a superior, bajo condiciones de compresión por lo menos a lo largo de su borde oriental. Dicho relleno, se ha realizado con los productos de la erosión del relieve andino y con los depósitos piroclásticos del volcanismo terciario.

## CONCLUSIONES

En el norte de Chile, a los 19° 15'S, estructuras de empuje con vergencia occidental, en una secuencia volcánica-sedimentaria, marcan el límite entre la Depresión Central y la Cordillera de los Andes.

Estas estructuras se habrían formado durante el Mioceno medio a superior, como resultado de un sistema de empuje compresional en el cual la Depre-

sión Central queda como un área deprimida en el frente de deformación.

Como parte del proceso de relleno de la depresión, una serie de abanicos aluviales coalescentes se derraman hacia la pampa, formando parte de los depósitos frontales de las estructuras de empuje.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a la Gerencia de Exploraciones de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), por las facilidades otorgadas para la publicación de este trabajo. S. Elgueta, S. Harambour, A. Giavelli, R. Arcos, J. Skarmeta (ENAP); R. Charrier (Departamento de Geología, Universidad

de Chile); J. Corvalán, S. Rivano, J. A. Naranjo, C. Mpodozis, E. Godoy (Servicio Nacional de Geología y Minería) tuvieron la gentileza de revisar el manuscrito original. Este trabajo es parte del Proyecto FONDECYT No. 1224.

## REFERENCIAS

- Baeza, L.; Pichowiak, S. 1988. Ancient crystalline basement provinces in the North Chilean Central Andes—relicts of continental crust development since the Mid-Proterozoic. In *The Southern Central Andes* (Bahlburg, H.; Breitskreutz, C.; Giese, P.; editors). *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer Verlag, p. 3-24. Berlin.
- Boyer, S.; Elliott, D. 1982. Thrust systems. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, Vol. 66, No. 9, p. 1196-1230.
- Butler, R. 1932. The terminology of structures in thrust belts. *Journal of Structural Geology*, Vol. 4, p. 235-245.
- Coira, B.; Davidson, J.; Mpodozis, C.; Ramos, V. 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile. In *Magmatic evolution of the Andes* (Linares, E.; editor), *Earth-Science Reviews, Special Issue*, p. 303-332.
- Ellison, R.A.; Klink, B.A.; Hawkins, M.P. 1989. Deformation events in the Andean orogenic cycle in the Altiplano and Western Cordillera, Southern Perú. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 2, No. 3, p. 263-276.
- Froidevaux, C.; Isacks, B. 1984. The mechanical state of the lithosphere beneath the Altiplano-Puna segment of the Andes. *Earth and Planetary Sciences Letters*, Vol. 71, p. 305-314.
- Froidevaux, C.; Ricard, Y. 1987. Tectonic evolution of high plateaus. *Tectonophysics*, No. 134, p. 227-330.
- Harambour, P.S. 1991. Sección balanceada de un pliegue por flexión de fallas en la Precordillera de Iquique, Región de Tarapacá, Chile. In *Congreso Geológico Chileno, No. 6, Actas*, p. 757-761. Viña del Mar.
- Isacks, B. 1988. Uplift of the Central Andean Plateau and bending of the Bolivian Orocline. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 93, p. 3211-3231.
- Lavenu, A. 1982. Derniers résultats acquis concernant les études néotectoniques en Bolivie. *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, Vol. 12, No. p. 23-28.
- Lavenu, A.; Marocco, R. 1988. Sedimentation continentale et tectonique d'une chaîne liée à une zone de subduction: l'exemple des Andes Centrales (Pérou-Bolivie) pendant le Tertiaire. *Centres de Recherches, Exploration-Production Elf-Aquitaine, Bulletin*, Vol. 8, No. 1, p. 57-70.
- Montecinos, P.F. 1963. Observaciones de la Geología en el Cuadrángulo Campanani, Departamento de Arica, Provincia de Tarapacá. Memoria de Título (Inédito), *Universidad de Chile, Departamento de Geología*. 109 p.
- Marocco, R.; Noblet, C. 1990. Sedimentation, tectonism and volcanism relationships in two andean basins of southern Peru. *Geologische Rundschau*, Vol. 79, No. 1, p. 111-120.
- Mortimer, C.; Saic, N. 1975. Cenozoic studies in northernmost Chile. *Geologische Rundschau*, Vol. 64, No. 2, p. 395-420.
- Naranjo, J.; Paskoff, R. 1985. Evolución cenozoica del piedemonte andino en la Pampa del Tamarugal, norte de Chile (18°-21°). In *Congreso Geológico Chileno, No. 4, Actas*, Vol. 3, p. 149-165. Antofagasta.
- Sempere, T.; Herail, G.; Oller, J.; Bonhomme, M. 1990. Late Oligocene-early Miocene major tectonic crisis and related basins in Bolivia. *Geology*, Vol. 18, No. 10, p. 946-949.
- Skarmeta, J. 1983. The structural geology of the Sierra Moreno, Northern Chile. Ph.D. Thesis (Unpublished), *University of London*, 299 p.