

FORMACION DE LA CORDILLERA DE LA SAL POR PROPAGACION DE FALLAS Y PLEGAMIENTO POR DESPEGUE, II REGION, CHILE

Muñoz, N.¹; Charrier R.²; Radic J. P.³

INTRODUCCION

La Cordillera de la Sal es una singular cadena plegada y fallada, de 180 km de largo y un máximo de 10 km de ancho, ubicada en el sector occidental de la cuenca Salar de Atacama (Fig. 1). La existencia de esta unidad geológica ha sido reconocida por diferentes autores desde los inicios de la geología en Chile y ha recibido diferentes interpretaciones para su origen como deformación transpresiva (1, 2) y frente emergente de una falla inversa subhorizontal y ciega, que hacia el oeste se arraiga bajo la Cordillera de Domeyko (3). En el presente artículo, basado en observaciones de terreno y en registros sísmicos del Salar de Atacama, aportamos evidencias que muestran la interacción entre la deformación de tipo "thick-skinned", que afecta al basamento de la Cordillera de Domeyko, y una deformación de tipo "thin-skinned", que dio origen a la Cordillera de la Sal. La transferencia de una tectónica de basamento hacia la de cobertura sedimentaria, se produjo a lo largo de diferentes niveles evaporíticos ubicados en el Grupo Purilactis y en la base de la Formación San Pedro. Por encima de estos niveles de despegue, la secuencia cretácica superior y terciaria se deformó mediante un sistema de pliegues por propagación y por despegue.

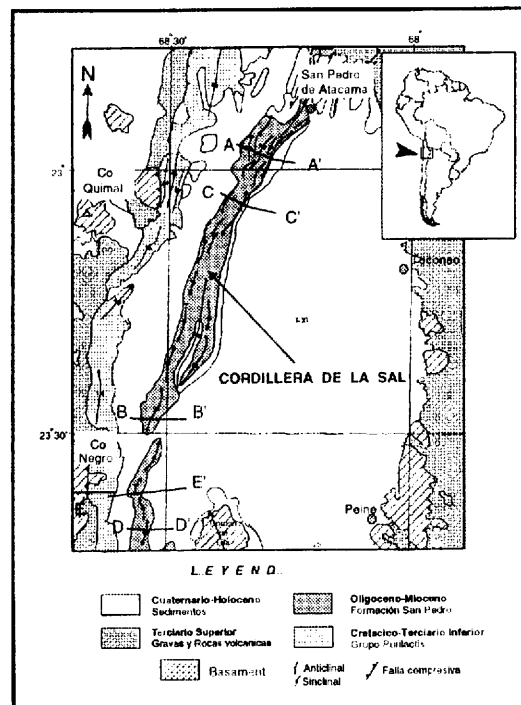


Figura 1. Mapa geológico simplificado del sector de la cuenca Salar de Atacama. Tomado de Ramírez and Gardeweg (1982), Charrier and Reutter (1994) y Arriagada (1999). Ubicación de líneas sísmicas y perfiles geológicos usados en este artículo. TX-1: Pozo Toconao n°1.

¹ Sipeptrol (UK) Ltd. St Andrew's House, Woking, Surrey, GU21 1EB, UK (e-mail: rmuñoz@sipeptrol.co.uk)

² Departamento de Geología, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile (e-mail: rcharrier@cec.uchile.cl)

³ Sipeptrol S.A. Av. Vitacura 2736, PB, Las Condes, Santiago, Chile (e-mail: jradic@sipeptrol.cl)

ESTRATIGRAFIA Y ESTRUCTURAS EN SUPERFICIE

La secuencia que aflora a través de la Cordillera de la Sal está formada principalmente por evaporitas intercaladas con areniscas y limolitas rojas, pertenecientes a la Formación San Pedro. Las diferentes facies y la edad de esta unidad ha sido discutida en detalle por varios autores (entre otros 1, 4, 5, 6). El espesor de esta formación en afloramiento ha sido estimado en 3.000 m. Sin embargo, los antecedentes presentados en este trabajo demuestran que la mayor parte de la unidad es sin-tectónica, por lo cual, las facies y los espesores no deben ser correlacionados en distancias mayores al espacio rellenado en puntos específicos del frente de plegamiento.

En afloramiento, la Cordillera de la Sal está formada por hasta cinco trenes de estructuras anticlinales y sinclinales en échelon. De N a S se pueden diferenciar tres áreas. La parte norte se caracteriza por la presencia de dos trenes de fallas y pliegues, principalmente de orientación NNE, formados por domos salinos separados por pequeñas cuencas que sugiere, en parte, la existencia de tectónica salina. El sector más característico corresponde al Valle de la Luna. El borde noroeste está definido por fallas compresivas de mediano ángulo con anticlinales de limbo invertido, en el borde sudeste predominan fallas compresivas, de mediano a alto ángulo, con vergencia oriental. En la parte central, afloran principalmente anticlinales elongados, abiertos, de orientación NNE, doblemente buzantes, con una vergencia de deformación hacia el NE y E. En la parte sur de la Cordillera de la Sal destaca la presencia de pliegues cortos, abiertos y buzantes al N, con inclinaciones de limbos de bajo a mediano ángulo, con leve asimetría y vergencia hacia el E.

La mayor parte de la Cordillera de la Sal está separada de la Cordillera de Domeyko por el Llano de la Paciencia, un valle con un relleno Holoceno que no permite observar las estructuras, ni establecer una relación estructural entre ambas cordilleras. Hacia el E, en la cuenca del Salar de Atacama, la Formación San Pedro desaparece con manteos suaves hacia el E (Fig. 1).

ESTRATIGRAFIA Y ESTRUCTURAS EN SUBSUPERFICIE

Las unidades estratigráficas involucradas en la deformación se han obtenido a partir de la interpretación de líneas sísmicas de ENAP y por correlación con el pozo exploratorio Toconao N° 1 (7). El máximo espesor involucrado en la deformación a lo largo de la Cordillera de la Sal, se ha calculado en 2.500 m. Esta profundidad corresponde a los niveles evaporíticos del Grupo Purilactis (8). En el sector norte y centro, la deformación se concentra principalmente en la base de la Formación San Pedro a 1.500 m de profundidad (Fig. 2).

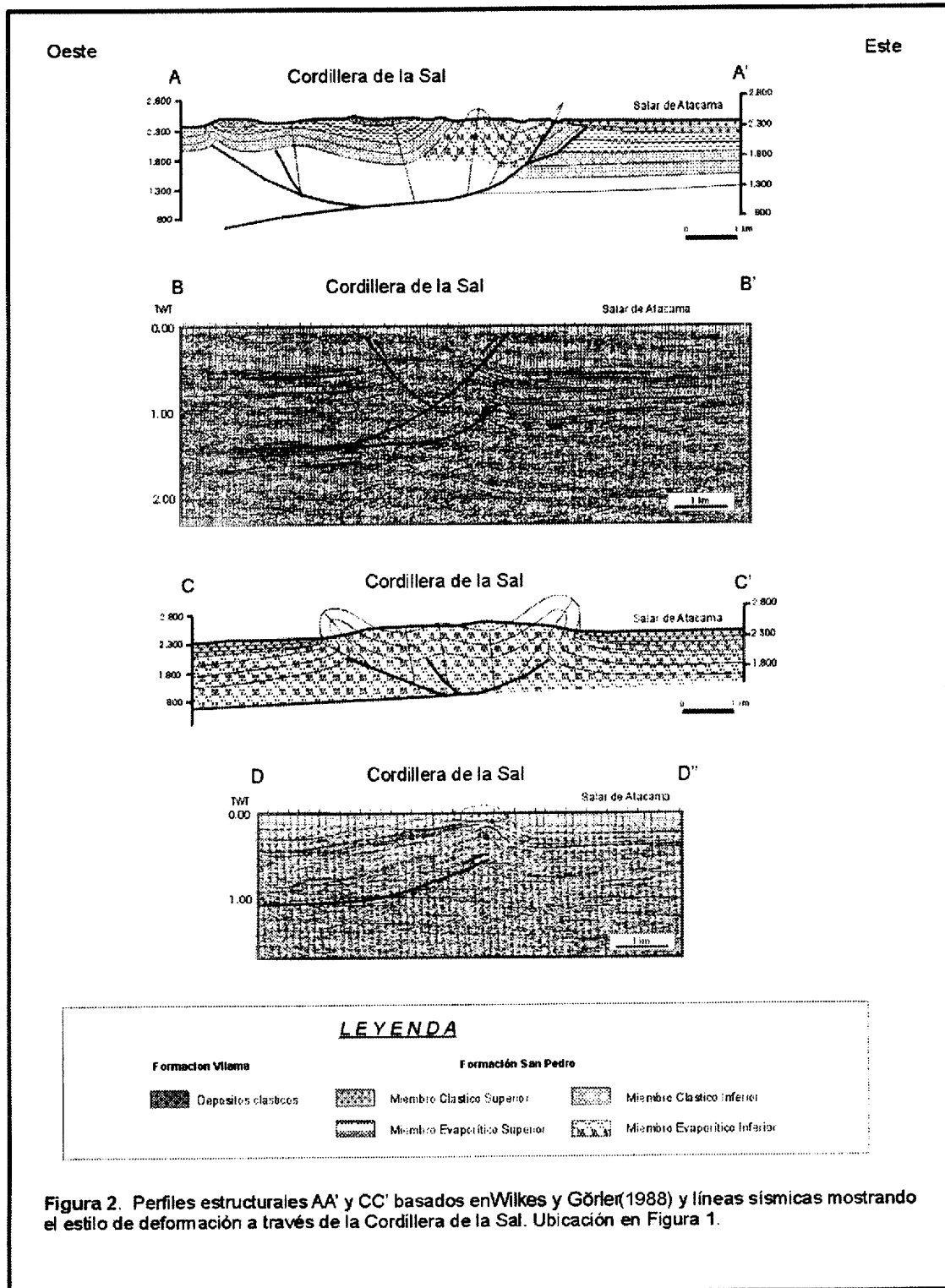
En un contexto regional, la Formación San Pedro tiene un espesor máximo en el sector norte y la deformación en la Cordillera de la Sal esta ligada a la propagación hacia el E de fallas compresivas que nacen en el basamento de la Cordillera de Domeyko.

En la parte norte, el desplazamiento de las fallas de basamento fue transferido a un nivel de despegue que está ubicado en el miembro Evaporítico Inferior de Wilkes y Görler (1988) (Fig. 2). La secuencia superior está deformada en un sistema de pliegues por propagación de fallas con vergencia E. El mínimo acortamiento horizontal para este sector se ha calculado en 1,5 km.

En la parte central de la Cordillera de la Sal, debido a la inclinación al oeste del Regional y debido al "pinch-out" de los depósitos, parte de la Formación San Pedro forma una cuña que controla la propagación de las fallas hacia el E. La secuencia superior fue deformada aquí en un sistema de pliegues de doble vergencia, despegados en la Formación San Pedro y el Grupo Purilactis. En algunos sectores la secuencia fue deformada en dúplex y pliegues por despegue en los horizontes salinos. En otros sectores, el desplazamiento ha sido absorbido por una falla principal que limita la faja plegada de la Cordillera de la Sal (Fig. 2). El mínimo acortamiento horizontal para esta parte se ha calculado en 1,0 km.

En la parte sur, la relación con la deformación en la Cordillera de Domeyko es evidente. En el sector de Cerro Negro, existen fallas de alto ángulo que ponen en contacto rocas del basamento paleozoico con rocas del Grupo Purilactis. La correlación entre un perfil de campo y una línea sísmica permite observar que el acortamiento se genera por el desarrollo de dos escamas de basamento cuyos planos de falla presentan una geometría de rampa-flat. Los segmentos en rampa se ubican en el basamento y los segmentos en flat se desarrollan en las evaporitas de la Formación Tonel del Grupo Purilactis, deformándola en un sistema de pliegues por despegue con vergencia al E. En el perfil E-E', aledaño al Cerro Negro, la Formación San Pedro, en subsuperficie, tiene un espesor de 1.500 m. El proceso de sedimentación que dio origen a esta formación fue rellenando contemporáneamente con la deformación la parte frontal y dorsal del pliegue. En el

perfil E-E', el acortamiento resuelto para la Cordillera de la Sal es de 600 m, con un acortamiento total mínimo de 5 km.



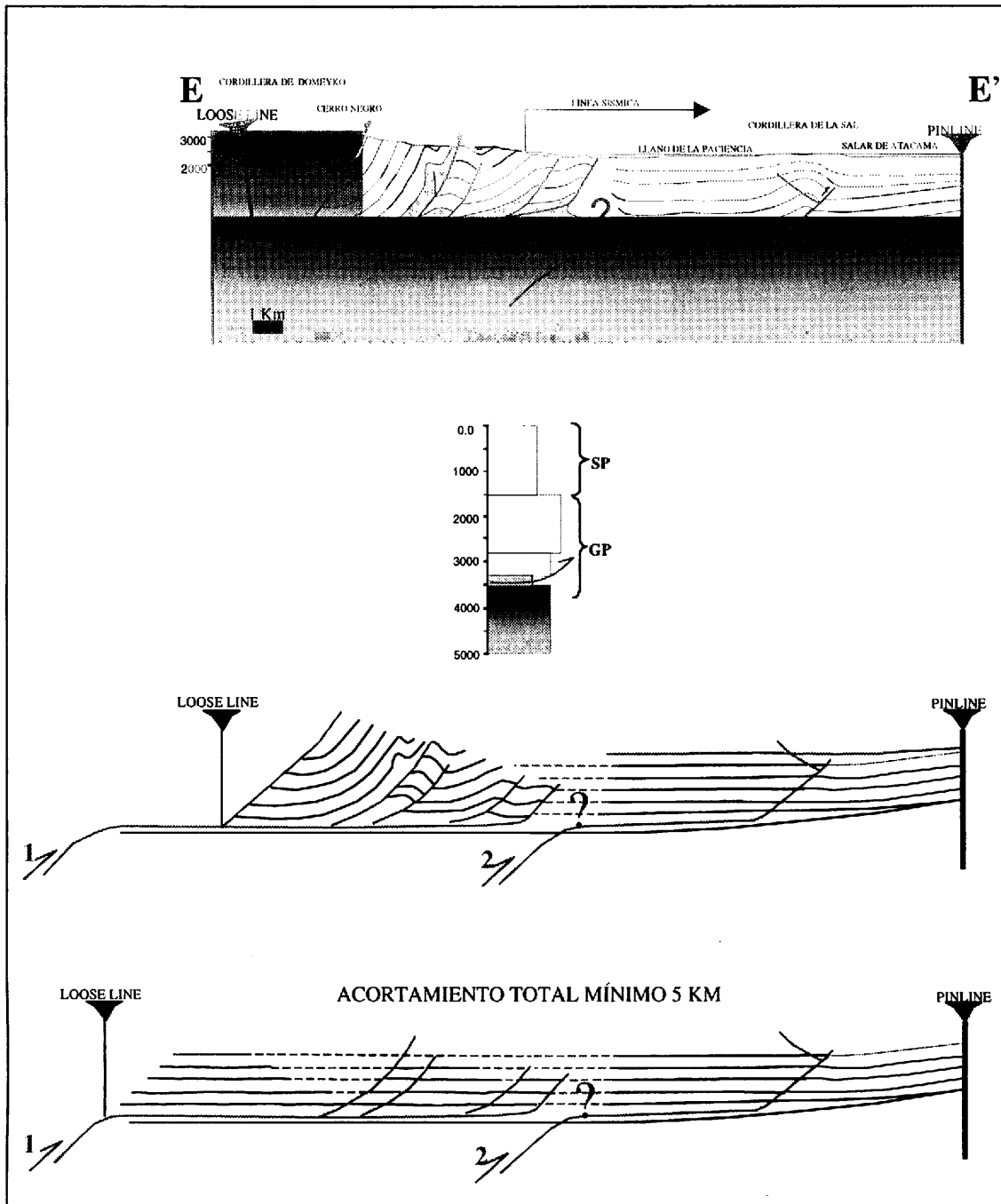


Figura 3. Restauración secuencial de la sección estructural E-E, basada en Charrier y Reutter (1994) e información sísmica en el Salar de Atacama. Ubicación en Fig. 1. GP: Grupo Purilactis; SP: Formación San Pedro.

CONCLUSIONES

El modelo presentado muestra la estrecha relación existente entre las estructuras asociadas a la Cordillera Domeyko y la deformación observada en la Cordillera de la Sal, tal como lo propusieran Jolley *et al.* (1990).

La información sísmica, complementada con información geológica, permite proponer un nuevo modelo de generación para la Cordillera de la Sal. En este modelo, las estructuras en esta faja plegada serían el resultado de la transferencia de rechazo hacia la cobertura sedimentaria, de fallas de alto ángulo que se resuelven hacia el oeste y que están arraigadas en el basamento de la Cordillera de Domeyko. La transferencia de acortamiento fue parcialmente absorbida en la Cordillera de la Sal mediante despegues en diferentes niveles evaporíticos, tanto de la Formación San Pedro como del Grupo Purilactis.

La diferencia que presentan las estructuras de N a S se puede explicar principalmente por el mayor espesor de la secuencia evaporítica en el sector norte, resultando en un mayor grado de deformación para un valor de acortamiento dado, dentro de una zona de cizalle de ancho fijo. La inclinación Regional durante la deformación habría controlado, en parte, la propagación hacia el E de la deformación.

La Formación San Pedro, que presenta estratos de crecimiento rellenando los espacios generados en la parte frontal y trasera de las estructuras compresivas, tiene un carácter sin-tectónico.

El acortamiento horizontal en la cobertura sedimentaria es mayor en el sector norte de la Cordillera de la Sal que en el sector sur y es controlado por el comportamiento mecánico de la secuencia sedimentaria.

Las estructuras observadas en los perfiles sísmicos muestran que la secuencia Oligo-Mioceno de la Cordillera de la Sal, fue deformada principalmente debido a la propagación de fallas y pliegues por despegue, generados a una profundidad variable entre los 1.500 y los 2.500 m, bajo la superficie actual. La edad de la deformación es Oligo-Mioceno.

La total participación del basamento en estas estructuras demuestra la estrecha relación entre un estilo de deformación profundo arraigado en la Cordillera de Domeyko (thick-skinned tectonic) y una deformación superficial, controlada por el comportamiento mecánico de la secuencia estratificada (thin-skinned tectonic) y la inclinación Regional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) por la gentileza de proporcionar la información geofísica utilizada en este trabajo.

REFERENCIAS

1. Wilkes, E.; Görler, K. 1988. Sedimentary and structural evolution of the Cordillera de la Sal, II Región, Chile. V Congreso Geológico Chileno. Tomo I, A 173-188
2. Macellari, C.E.; Su, M.J.; Townsend, F. 1991. Structure and seismic stratigraphy of the Atacama basin, Northern Chile. VI Congreso Geológico Chileno p. 133-137
3. Jolley, E.J.; Turner, P.; Williams, G.D.; Hartley, A.J.; Flint, S., 1990. Sedimentological response of an alluvial fan system to Neogene thrust tectonics, Atacama desert, northern Chile. Journal of the Geological Society of London, Vol. 147, p. 769-784.
4. Travisany, V. 1978. Mineralización cuprífera en areniscas de la Formación San Pedro en el distrito San Bartolo. Memoria de Título, Universidad de Chile, 71 p, Santiago.
5. Marinovic, N.S.; Lahsen, A. 1984. Hoja Calama, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No 58, 140 p. Santiago.
6. Naranjo, J.A.; Ramírez, C.F.; Paskoff, R. 1994. Morphostratigraphic evolution of the northwestern margin of the Salar de Atacama basin (23 S-68 W). Revista Geológica de Chile, Vol. 21, No. p. 91-103
7. Muñoz, N.; Townsend, F. 1998 Estratigrafía de la Cuenca Salar de Atacama. Resultado del pozo exploratorio Toconao - 1. Implicancias Regionales. VII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta.
8. Charrier, R.; Reutter K.-J. 1994. The Purilactis Group of Northern Chile: Boundary between arc and backarc from late Cretaceous to Eocene. In: Reutter, K. J, Scheuber, E. & Wigger, P. (eds.), Tectonics of the Southern Central Andes, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 189-202.
9. Arriagada, C. 1999. Geología y Paleomagnetismo del borde oriental de la Cordillera de Domeyko entre los 22°45' y 23°30' de latitud Sur, I Región, Chile. Memoria, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, 174 p.
10. Ramírez, C.F.; Gardeweg, M. 1982. Hoja Toconao, Carta Geológica de Chile, escala 1:250.000, Servicio Nacional de Geología y Minería, N°54, 117 p.