

El Segmento de Subducción Subhorizontal de los Andes Centrales Argentino-Chilenos

The Subhorizontal Subduction Segment in the Argentinian-Chilean Central Andes

V. A. RAMOS

*Departamento de Geología. Laboratorio de Tectónica Andina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Ciudad Universitaria. Pabellón II Universidad de Buenos Aires.
A-1428 Buenos Aires, Argentina.*

RESUMEN

El margen occidental activo de Sudamérica, caracterizado por el desarrollo de la cadena andina, muestra una alta variabilidad a lo largo del rumbo. Diferentes segmentos tienen una muy diversa topografía, raíces corticales y geología superficial. Entre esos segmentos el segmento de subducción horizontal de los Andes Centrales del sur, muestra una geología extraordinaria entre los 28° y 33°S. La ausencia de volcanismo activo debido a la subducción horizontal y el fuerte acoplamiento entre la placa de Nazca y la de Sudamérica, han producido las montañas más altas de los Andes, con el monte Aconcagua, cerca de 7.000 m s.n.m. Este segmento está también caracterizado por la faja plegada y corrida epidérmica de la Precordillera y por las Sierras Pampeanas, bloques de basamento en un antepaís fragmentado durante la orogenia andina.

Estas características produjeron las excelentes exposiciones de este segmento sin magmatismo, que no tiene una cubierta volcánica cenozoica tardía a lo largo de la región axial de la Cordillera Principal. Por lo tanto, la mayor parte de las estructuras que han producido su levantamiento actual pueden identificarse. Sobre esta base diversos modelos conceptuales han tratado de explicar la estructura profunda del orógeno, aunque la falta de información sísmica profunda impide la evaluación de los mecanismos que han producido el presente acortamiento orogénico. Un perfil de sísmica de reflexión profunda permitirá responder muchos de los interrogantes que relacionan la subducción con el levantamiento de montañas en una de las mejores secciones de un orógeno de tipo andino.

Palabras clave: Segmento de subducción subhorizontal. Andes Centrales. Argentina.

ABSTRACT

The western active margin of South America, characterized by the Andes mountain chain, shows a high variability along strike. Different segments have a diverse topography, crustal roots and surface geology. Among these segments the flat-slab segment of the southern Central Andes, depicts a remarkable geology between 28° and 33°S. The lack of an active volcanism due to the subhorizontal sub-

duction and the strong coupling between the Nazca plate and the South America plate, have produced the highest mountains in the Andes, with mount Aconcagua, almost 7,000 m a.s.l. This segment is also characterized by the thin-skinned fold and thrust belt of Precordillera, and the Sierras Pampeanas, broken foreland basement blocks uplifted during the Andean orogeny.

These characteristics controlled the excellent exposures of this amagmatic segment, without a late Cenozoic volcanic cover along the axial part of the Principal Cordillera. Therefore, most of the structures that produced the present uplift can be identified. On that bases, several conceptual models have tried to explain the deep structure of the orogen, although the lack of deep seismic information hinders the evaluation of the mechanisms that produced the present orogenic shortening. A deep seismic reflection sounding will provide information to answer many of the questions that relate subduction to mountain building in one of the best sections of an Andean-type orogen.

Keywords: Subhorizontal Subduction Segment. Central Andes. Argentina.

EXTENDED ABSTRACT

The Andes mountain belt shows important topographic, magmatic and structural variations along strike. The southern Central Andes, between parallels 28° and 33° S, which correspond to the subhorizontal subduction segment of this belt, is characterised by the lack of volcanism, intense seismic activity, and the highest mountains in the Andes:

Deep seismic reflection data obtained by reprocessing of industrial vibroseis lines located between the Precordillera and Sierras Pampeanas geological provinces allow the reconstruction of the deep geometry of these two different geological provinces. The existence of dipping reflectors down to 30 km depth indicates a major crustal boundary in the middle and upper crust. These reflections are associated with the development of a thrust and fold belt developed in the sedimentary prism along the western Proterozoic margin of Sierras Pampeanas. These rocks are presently exposed as an imbricate thrust system in the highly mylonitized metamorphic rocks at Cerro Salinas. After comparison with different sutures of similar age it is concluded that a collision between the Precordillera Terrane and the Sierras Pampeanas produced the delamination of the lower crust and the imbrication of the middle and upper crust by a duplex system in early Paleozoic times.

Several geophysical datasets allow to estimate the root thickness of the Andes in this sector at between 64 to 70 km. The orogenic shortening calculated from an E-W geological cross-section through parallel 33° S, is of around 150 km. Other characteristics of this segment of the Andes include a low heat flow, and the existence of thin-skinned tectonics and basement controlled structures in the foreland.

The geotectonic characteristics of the southern Central Andes make it an unique area for the acquisition of a multi-seismic transect able to provide information and answers to questions related with subduction processes in mountain belts. The aim of this paper is to present the main ideas related to the suitability of this horizontal subduction segment as a target for deep seismic surveys.

INTRODUCCIÓN

El análisis del margen occidental del continente sudamericano y, en especial, del desarrollo de la Cordillera de Los Andes, muestra a través de su topografía importantes variaciones a lo largo del rumbo, de la que surgen una serie de interesantes observaciones. Por ejemplo, en la figura 1 se puede observar la expresión topográfica digital de los Andes Centrales, que abarca gran parte de los Andes argentino-chilenos. Esta topografía ha sido compilada sobre la base de diferentes mapas topográficos disponibles a di-

versas escalas de todo el continente, y expresa las peculiaridades del relieve andino con un gran volumen de datos.

Estos datos topográficos han demostrado contener una importante información tectónica que p versales a los Andes. Entre ellos se destaca el segmento comprendido entre los 28° y 33° S de latitud, conocido como el segmento de subducción subhorizontal de los Andes Centrales en su sector sur (Jordan et al., 1983a). Este segmento se caracteriza por la ausencia de volcanes activos, dado que a lo largo de su eje volcánico la activi-

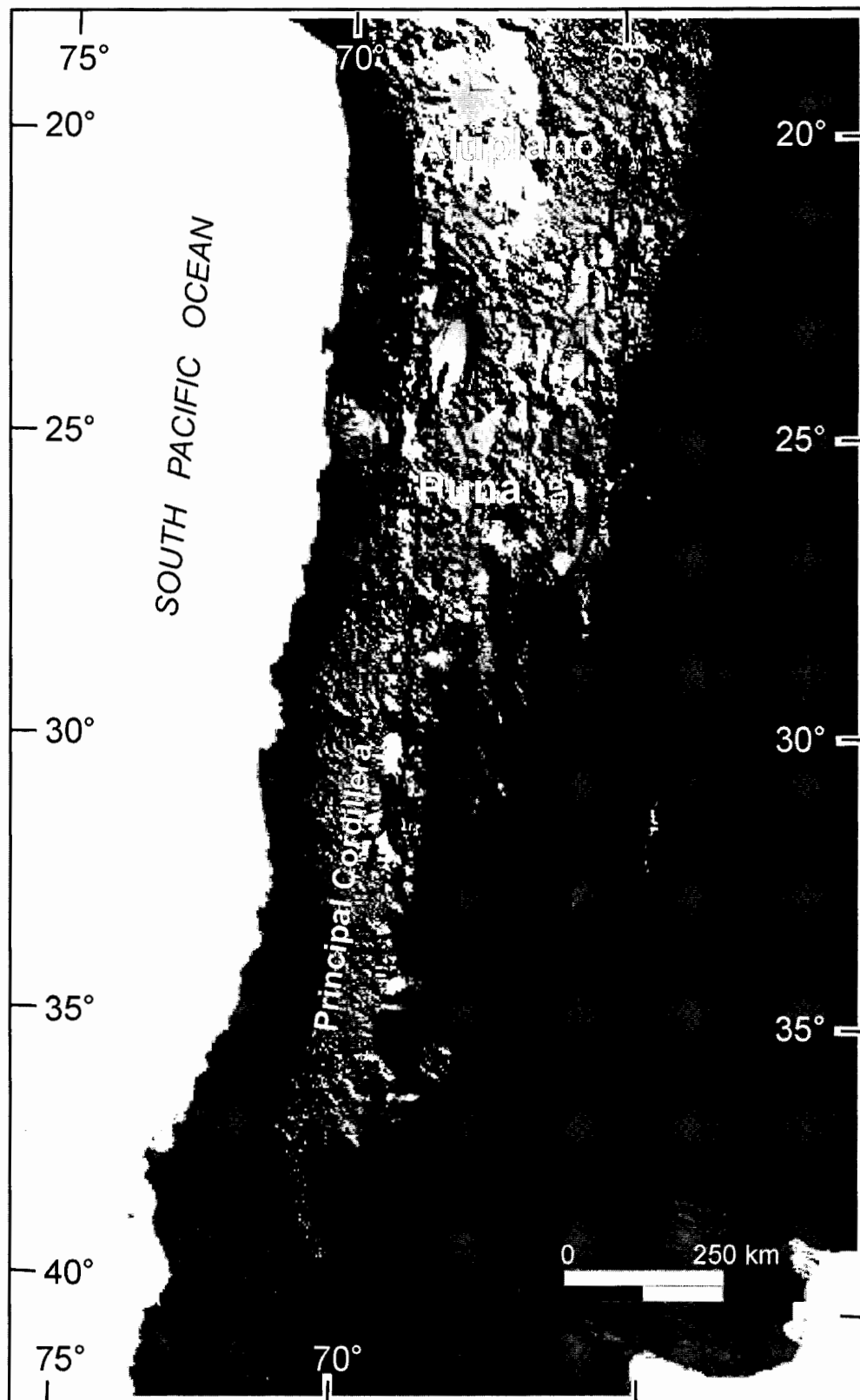


Figura 1. Topografía digital de los Andes argentino-chilenos desde aproximadamente los 20°S hasta los 40°S (basada en la compilación efectuada por el U.S.G.S.).

Figure1. Digital topography of the Argentinian-Chilean Andes, from 20-40°S approx. (based in the U.S.G.S. compilation).

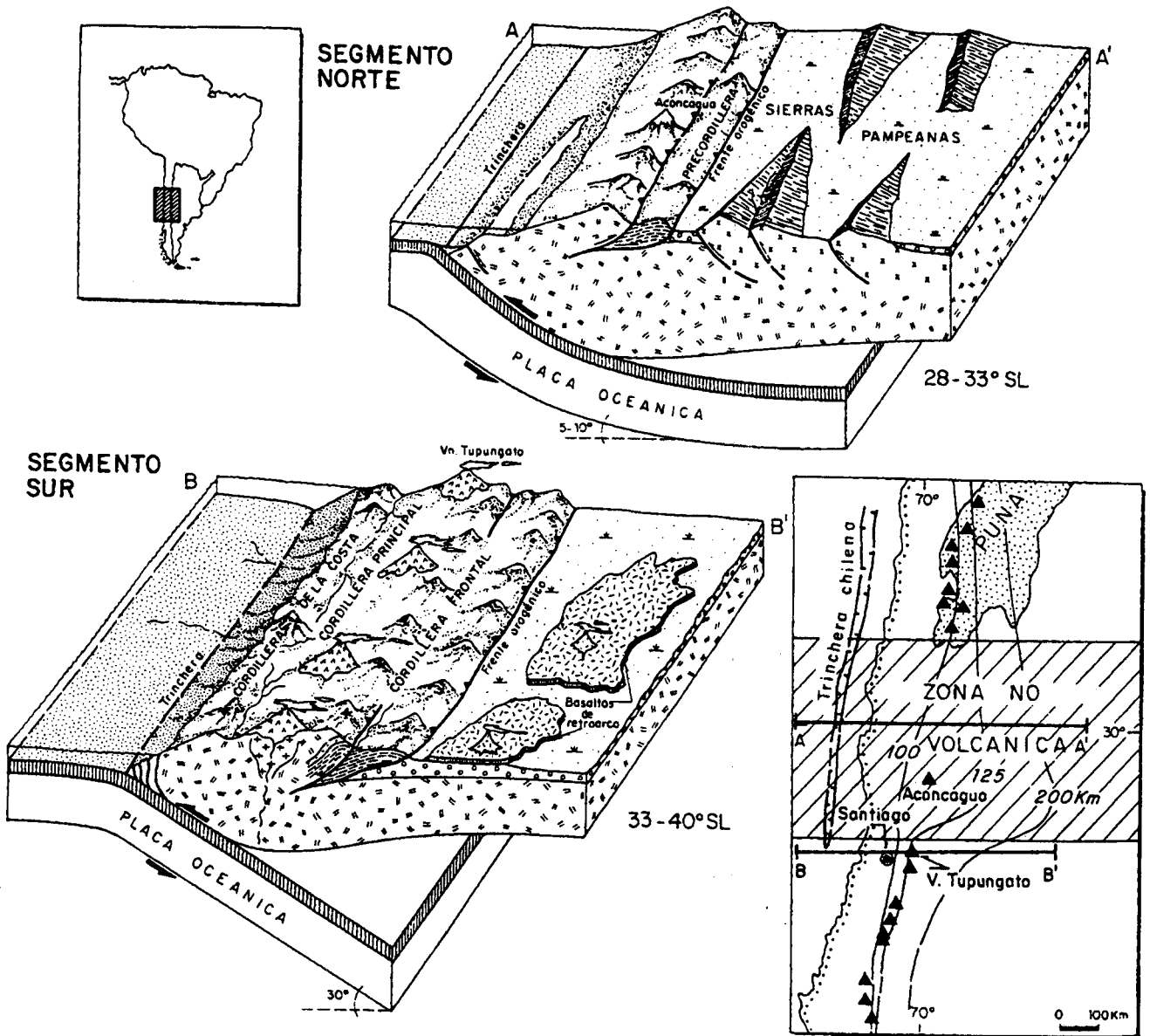


Figura 2. Esquema estructural que muestra en el segmento de subducción horizontal la interacción entre la placa de Nazca y las estructuras resultantes en la placa continental (basado en Jordan et al., 1983a; Ramos, 1993).

Figure 2. Structural sketch of the subhorizontal subduction segment where the relationships between Nazca plate and the resulting structures in the continental plate are shown (based in Jordan et al., 1983a; Ramos, 1993).

dad magmática cesó aproximadamente a los 6 Ma. A su vez, contiene en la Cordillera Principal las elevaciones más altas del Hemisferio Occidental, con el monte Aconcagua, con sus casi 7.000 m s.n.m. Existen una importante serie de montañas, que no corresponden a edificios volcánicos, tales como el Mercedario, La Ramada, etc., que junto a otros cerros superan los 6.000 m y que deben su posición actual a importantes acortamientos orogénicos. Otra característica peculiar es la fragmentación de la región del antepaís, la que debido al esfuerzo andino ha originado una serie de montañas en bloque de basamento, conocidas como Sierras Pampeanas (véase su expresión topográfica en la figura 1). Estas se originaron a través de fallamientos inversos, mediante basculación de bloques cristalinos de basamento precámbrico y Paleozoico inferior. Algunas de estas sierras superan los 5.000 m de altura.

Este segmento de subducción horizontal se caracteriza por una intensa actividad sísmica (Isacks et al., 1982). Esta se expresa por importantes fallas activas y por el desarrollo de un frente neotectónico que pliega los depósitos aluviales cuaternarios. A su vez, produce cabalgamientos notables de las secuencias neógenas sobre esos depósitos de pie de monte.

En este segmento se han producido avances significativos en los últimos años en el conocimiento geológico de la Cordillera de los Andes. Este segmento expone una de las secciones más representativas de la evolución cenozoica de los Andes argentino-chilenos. Sin embargo, desde los pioneros trabajos de Isacks et al. (1982) y Jordan et al. (1983 a, b), que relacionaron las características sismológicas de la losa oceánica de la placa de Nazca subducida, con las provincias y estilos estructurales presentes en los Andes a estas latitudes (figura 2), poco se ha avanzado en el conocimiento de la estructura profunda de los Andes.

Diversos estudios pusieron en evidencia las relaciones entre la horizontalización de la placa y la migración del magmatismo (Kay et al., 1987 a y b, 1991, 1997), la evolución de la estructura (Allmendinger et al., 1990), el desarrollo de las cuencas de antepaís (Jordan, 1995) y la evolución tectónica del área (Ramos et al., 1991, 1996; Ramos, 1993, 1996). La combinación de estos procesos originó en este segmento de subducción horizontal una serie de peculiaridades, que empezando por la topografía de la Alta Cordillera de los Andes, produjo el desarrollo de fajas plegadas y corridas epidérmicas, junto a otras fajas de inversión tectónica, asociadas a levantamientos de basamento.

Los estudios efectuados permiten inferir una serie de premisas que garantizarían excelentes resultados para la confección de un programa de sísmica profunda, que tendría una serie de ventajas específicas sobre otros sectores de los Andes.

LA ESTRUCTURA CORTICAL DE LOS ANDES EN EL SEGMENTO DE SUBDUCCIÓN SUBHORIZONTAL

Sobre la base de datos gravimétricos y escasos sondeos de sísmica de refracción, Introcaso et al. (1992) han establecido la profundidad de la corteza y, en especial, de las raíces corticales por debajo de los Andes Centrales. Sobre esta base se ha podido reconstruir una serie de secciones estructurales conceptuales que muestran la estructura profunda de los Andes a los 32° y 33°S, que se ilustran en la figura 3. En ella se pueden observar las diferentes características estructurales a través de las Cordilleras Principal y Frontal y la Precordillera. Una de las peculiaridades más sobresalientes es el contraste de estilos estructurales de deformación en la Cordillera Principal y en la Precordillera, que obliga a una interpretación diferente de la transferencia de rechazos en la corteza media e inferior.

Los cambios a lo largo del rumbo son ilustrados en la figura 3, que muestra dos secciones corticales, con estilos diferentes relacionados con la ubicación y desarrollo local de sistemas extensionales formados durante episodios de rifting durante el Triásico y el Jurásico inferior (Ramos et al., 1996).

La faja plegada y corrida de La Ramada en el norte es el resultado de la inversión tectónica de fallas normales permotriásicas asociadas al desarrollo de la parte superior del Grupo Choiyoi. Estas fallas han sido parcialmente reactivadas durante el desarrollo del rift del Mercedario en el Triásico superior (Alvarez y Ramos, 1999). La deformación andina durante el Neógeno ha producido una completa inversión de las estructuras de rift, salvo unas pocas excepciones. La falla normal que limita el borde occidental del Cordón del Espinacito, está todavía mostrando un rechazo normal, a pesar de que los indicadores cinemáticos muestran desplazamientos inversos (Ragona, 1993). El acortamiento inverso en este caso es inferior al desplazamiento extensional previo.

La faja plegada y corrida del Aconcagua desarrollada en la Cordillera Principal a los 33°S está dominada por una deformación epidérmica (Cegarra y Ramos,

1996). Esta deformación está favorecida por la presencia de importantes niveles de yeso correspondientes a la Formación Auquillo de edad jurásica. Esta desarrolla un nivel de despegue entre las secuencias pre-jurásicas y la cubierta sedimentaria y volcánica posterior. La extensión triásica a estas latitudes ocurrió al pié de la Cordillera Frontal dentro de la cuenca de Cuyo (Dellapé y Hegedus, 1993). Como el frente de deformación está ubicado en esta cuenca, la inversión tectónica es sólo incipiente.

La estructura cortical, basada principalmente en la topografía, datos gravimétricos y unas líneas limitadas de sísmica de refracción a ambos lados de los Andes, indica raíces corticales angostas y profundas que varían de norte a sur de 70 a 64 km (Introcaso et al., 1992).

Si una región está en equilibrio isostático a nivel del mar o cubierta por el mismo, implica que la región tiene un espesor cortical normal (33-35 km) o menor. Es por ello que las condiciones iniciales se pueden establecer conociendo la paleogeografía de las intrusiones marinas previas en la región. En el sector de subducción subhorizontal, las intrusiones marinas procedentes del Pacífico durante el Jurásico y Cretácico inferior permiten establecer condiciones normales de corteza hasta la base del Cretácico superior en los Andes de San Juan y Mendoza. A su vez, las intrusiones marinas del Mioceno medio se preservan a más de 3.300 m de altura, lo que permite acortar el levantamiento de la Cordillera Frontal y de la Precordillera. Sobre esta base, se puede afirmar que las raíces corticales de las secciones ilustradas en la figura 3 han sido formadas durante el Cenozoico.

El acortamiento orogénico basado en estas secciones corticales indica aproximadamente 150 km para el segmento de La Ramada, mientras que para el sector del Aconcagua es levemente menor, del orden de 130 km (Introcaso et al., 1992).

La sección norte a los 32°S tiene un acortamiento en la faja plegada y corrida de La Ramada menor a 30 km en la Cordillera Principal (Cristallini, 1996); 85 km en la faja epidérmica de la Precordillera a estas latitudes (Ramos et al., 1997); 10-20 km en las Sierras Pampeanas y una cantidad relativamente incierta en la Cordillera Frontal. Basado en la geología superficial y en una profundidad del nivel de despegue de 15 a 20 km, como la propuesta por Allmendinger et al. (1990) pocos kilómetros al norte en la Precordillera Occidental, se puede estimar un acortamiento de unos 20 km. El acortamiento en el lado chileno es mínimo a estas latitudes. El acorta-

miento andino total a los 32°S, sobre la base de la estructura superficial, varía de 135 a 155 km, que está dentro del orden calculado por Introcaso et al. (1992) de 150 km sobre la base de datos geofísicos.

La sección de la faja plegada y corrida epidérmica del Aconcagua a los 33°S tiene el mayor acortamiento registrado en la Cordillera Principal, con 55 a 60 km, incluyendo el lado chileno adyacente (Kozlowski et al., 1993); la faja de corrimientos de la Cordillera Frontal registra unos 18 km (Ramos et al., 1996), y el resto de la contracción orogénica ha tenido lugar ya sea en la Precordillera (menos de 30 km a estas latitudes), o por inversión de la cuenca de Cuyo, y menos de 6,6 km en las Sierras Pampeanas de San Luis (Costa, 1992). El acortamiento andino total en esta sección a los 33° S es del orden de 110-115 km, levemente menor que los 135 km obtenidos por Introcaso et al. (1992) sobre la base de datos geofísicos.

Sobre la base de los tiempos de deformación que se han establecido en ambas secciones, se puede estimar que las estructuras resultantes se han producido en los últimos 20 millones de años (Ramos, 1996). Basado en estos valores, se pueden calcular las tasas de acortamiento a estas latitudes, que varían de 7.35-7.75 mm/a en la sección norte a 5.5-5.75 mm/a en el sur.

UNA LÍNEA SÍSMICA PROFUNDA A TRAVÉS DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Los fundamentos de realizar un levantamiento sísmico profundo en los Andes son varios. En primer lugar, la Cordillera de los Andes es la localidad tipo a escala global para una cadena montañosa formada por subducción de corteza continental por corteza oceánica. Los mecanismos y la geometría profunda que lleva a levantar la cadena montañosa como una respuesta a la subducción de la losa oceánica son hipotéticos o conceptuales. No hay datos fehacientes que permitan establecer la mecánica de formación. Este tipo de orógeno es conocido mundialmente como del tipo Andino (Dewey y Bird, 1970), en especial en el sector que en sentido estricto se extiende desde el golfo de Guayaquil (aprox. 5°LS) hasta el golfo de Penas (46°30' LS), según la clásica definición de Gansser (1973) y Auboin et al. (1973).

La Cordillera de los Andes es también un área clásica para estudiar los procesos de engrosamiento cortical en orógenos no-colisionales asociados a un volcanismo activo, donde se puede estudiar la interacción entre mag-

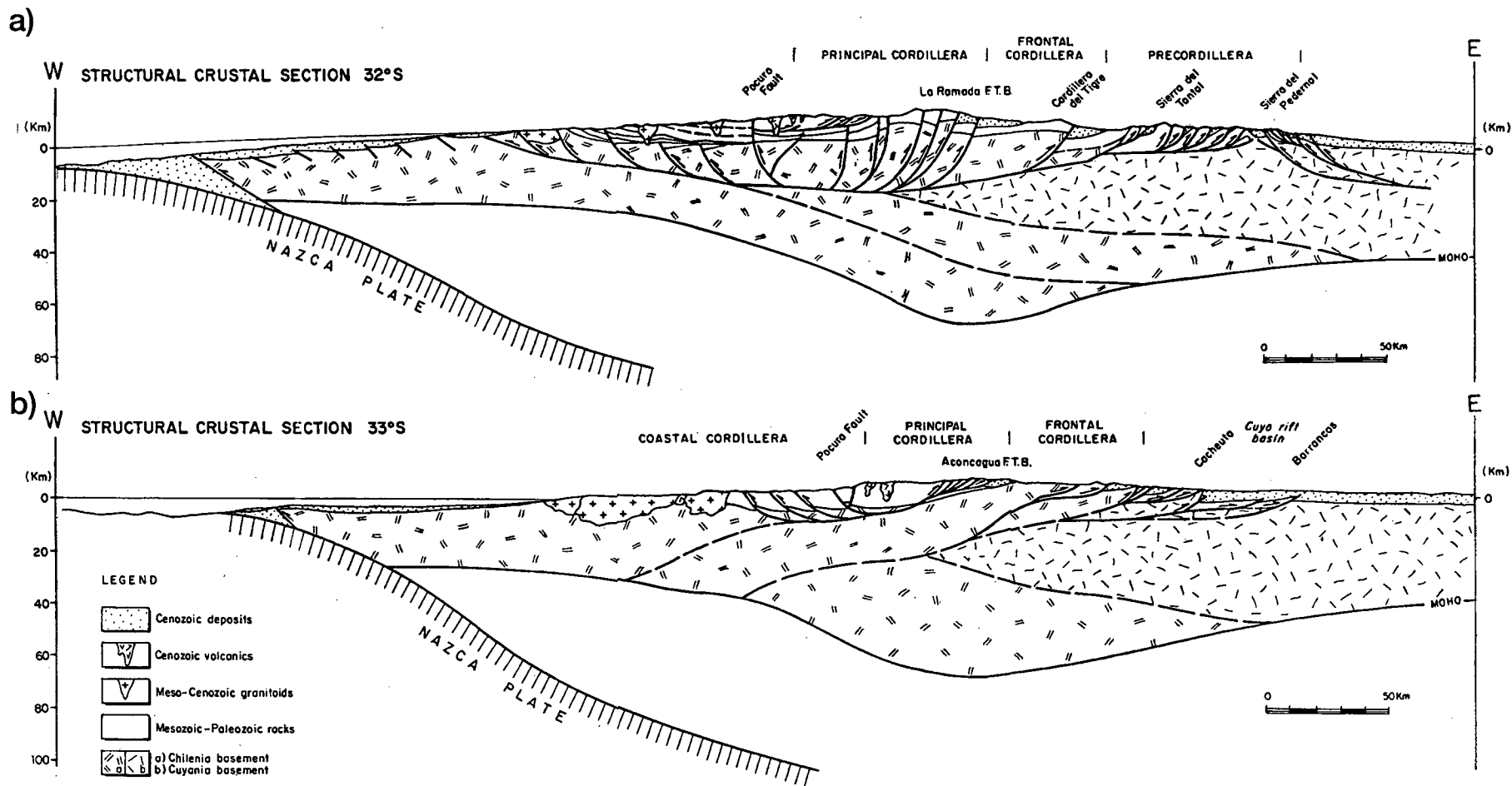


Figura 3. Secciones estructurales de la corteza en el segmento de subducción horizontal. Los límites de terrenos en el basamento son hipotéticos y están basados en Ramos (1994). a) Sección cortical de la faja plegada y corrida de La Ramada a los 32°S. Nótese que la Cordillera Principal está controlada por inversión tectónica de fallas normales triásicas (basado en Cristallini y Ramos, 1997), b) Sección cortical de la faja plegada y corrida del Aconcagua a los 33°S. Nótese que la Cordillera Principal está dominada por una deformación epidérmica (basado en Introcaso y Ramos, 1989).

Figure 3. Crust structural sections in the Subhorizontal Subduction Segment. The Terrane borders in the basement are hypothetical (from Ramos 1994). a) Cortical section of the La Ramada fold and thrust belt at 32° S. The Cordillera Principal controlled by tectonic inversion of the triassic normal faults (Cristallini and Ramos, 1997) is noticeable. b) Cortical section of the Aconcagua fold and thrust belt at 33° S. The Cordillera Principal is dominated by thin skin deformation (Introcaso and Ramos, 1989).

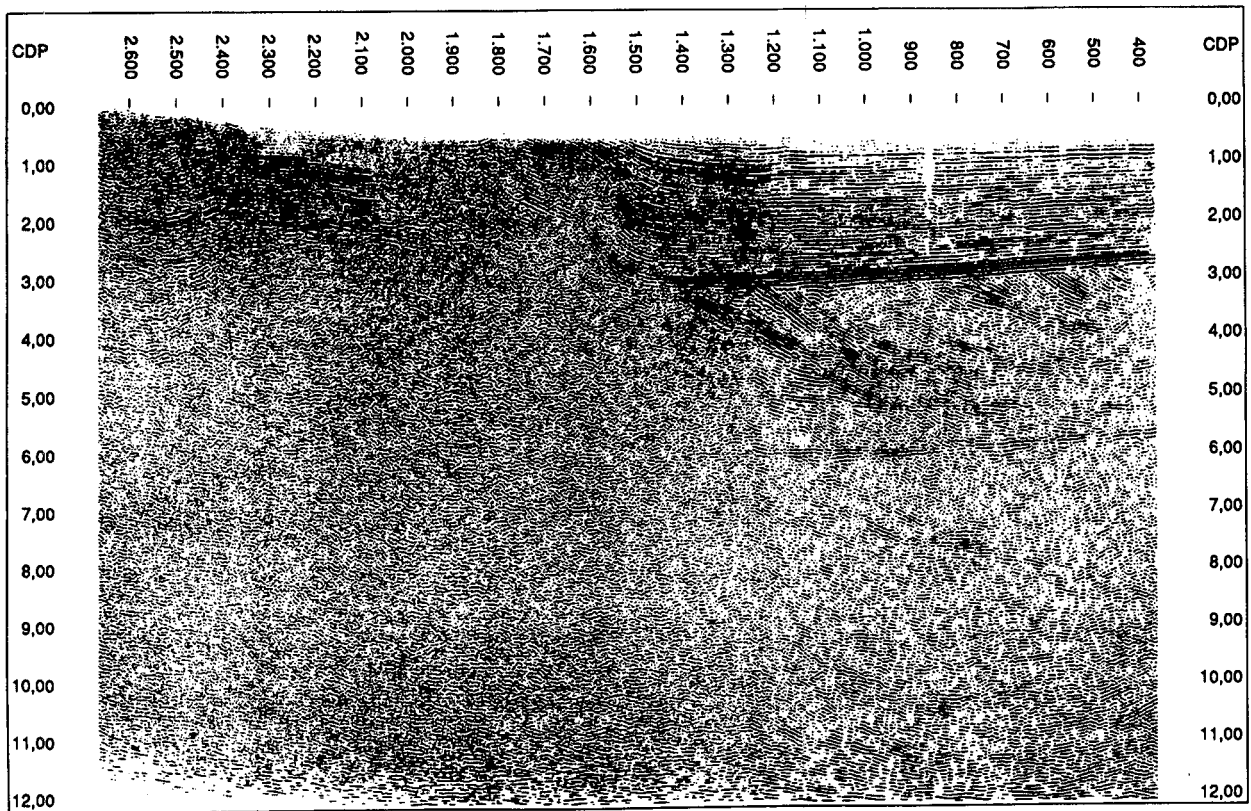


Figura 4. Línea sísmica reprocesada que muestra la presencia de reflectores oblicuos entre la Precordillera y las Sierras Pampeanas (según Comínguez y Ramos, 1990).

Figure 4. Reprocessed seismic line which shows dipping reflections between the Precordillera and Sierras Pampeanas (based in Comínguez and Ramos, 1990).

matismo y estructura. A su vez, el apilamiento estructural de las fajas plegadas y corridas y los sistemas de cuencas de antepaís formados como respuesta a esta carga tectónica, tienen un desarrollo a escala del orógeno, que permitirán a nivel cortical evaluar la geometría y la cinemática de estos procesos.

La primera transecta sísmica profunda realizada, el proyecto ANCORP 96 como parte del programa DEKORP y con la participación del grupo de investigadores de Berlín e instituciones locales (ANCORP Working Group, 1999), se efectuó a los 21°S a lo largo de 200 km desde la Cordillera de la Costa hasta la parte central del Altiplano. Los resultados obtenidos en el antearco permitieron obtener imágenes de la placa de Nazca subducida de hasta 90-100 km de profundidad, junto con buena información de la estructura del antearco chileno. Sin embargo, el problema principal que ha tenido fue la imposibilidad de obtener información a profundidades mayores de 12 segundos en la región del arco, dado que

atravesaba un segmento con volcanismo activo y con flujo térmico alto.

Es por ello que el segmento de subducción horizontal presenta características únicas para realizar un levantamiento sísmico, dado que se trata de una región de bajo flujo térmico, con subducción fría sin magmatismo (Barazangi e Isacks, 1976). Además, áreas pilotos investigadas con anterioridad han demostrado que la corteza media e inferior presentan una buena reflectividad (Comínguez y Ramos, 1991).

OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN PROFUNDA EN EL SEGMENTO DE SUBDUCCIÓN HORIZONTAL

Los objetivos científicos principales que se podrían alcanzar pueden ser divididos en los siguientes objetivos parciales.

Geometría de la zona de subducción

Los estudios de Smalley e Isacks (1990) y Smalley et al. (1993) a través del programa de registraci3n sismol3gica de la red PANDA en San Juan, han obtenido informaci3n sismotect3nica de detalle de sismos de interplaca e intraplaca. Los primeros han permitido obtener una detallada geometría de la parte superior de la placa subducida, en especial de la zona de Wadati-Benioff, que muestran por debajo del frente orogénico una zona de subducci3n horizontal a aproximadamente 100-110 km de profundidad (Cahill, 1990; Cahill et al., 1992; Smalley e Isacks, 1990). A su vez, los mecanismos focales obtenidos por Regnier et al. (1992) y Smalley et al. (1993) permiten esbozar la mecánica de interacci3n entre el frente de corrimientos y los primeros bloques de basamento de las primeras Sierras Pampeanas. Un programa de sismica profunda permitiría obtener por primera vez imágenes de la losa subducida por debajo de la zona del arco magmático extinguido ya en el Mioceno superior, así como establecer en el retroarco los mecanismos de la deformaci3n profunda del basamento.

Estructura profunda de la faja plegada y corrida

El reprocesamiento profundo de líneas sísmicas convencionales, obtenido a partir de cintas de campo originales no correlacionadas de registros de Vibroseis, permitió obtener informaci3n de la corteza media e inferior. La investigaci3n fue realizada utilizando datos de sismica de reflexi3n de la industria petrolera registrados por YPF durante 1981 mediante el uso de fuentes de seÑales de Vibroseis (Comínguez y Ramos, 1991). Los resultados permitieron establecer reflectores hasta 11-12 seg. (35-40 km), muy cercanos al Moho (figura 4), que han sido interpretados como reflectores oblicuos asociados a una faja plegada y corrida en el basamento (figura 5). Entre estos reflectores se destaca una interfase acústica de gran amplitud, que ha sido interpretada como una transici3n frágil-dúctil ubicada entre 13,8 y 14 km de profundidad (Comínguez y Ramos, 1991).

Si bien estos resultados sísmicos son muy alentadores por la buena reflectividad de la corteza inferior a media, abarcan sólo 60 km de longitud en el antepaís y no hay datos sobre la faja plegada y corrida de la Cordillera Principal, así como de la faja de piel gruesa de la Cordillera Frontal. La interacci3n entre ambas fajas y la faja epidérmica de la Precordillera son desconocidas.

Estructuras del basamento de Sierras Pampeanas

El único estudio sísmico realizado en el basamento de las Sierras Pampeanas es un reprocesamiento de líneas convencionales obtenidas mediante fuente de seÑales de Vibroseis por Snyder et al. (1986, 1990), que demostr3 la geometría profunda del fallamiento inverso entre 8 y 10 segundos que limita a la sierra de la Huerta. Esta informaci3n es coincidente con los mecanismos focales asociados a esta falla, lo que permitió verificar la geometría y cinemática del fallamiento a lo largo de 90 km de líneas sísmicas. Estudios recientes de Cristallini et al. (1997, 1998), han mostrado que este tipo de reprocesamiento ha permitido reconocer no sólo la geometría profunda de fallas, sino la evoluci3n de las cuencas de antepaís asociadas a las mismas. Estos autores han demostrado el caracter inverso con vergencia al oeste de la falla de la sierra de Aconquija, en las Sierras Pampeanas noroccidentales y las características tectónicas de las cuencas paleozoicas.

A pesar de la gran utilidad de estos reprocesamientos, como los mismos est3n limitados a la informaci3n disponible obtenida para otros fines, no han permitido obtener un perfil continuo alineado con el frente orogénico para poder discernir el tipo de relaciones que presenta con las fajas plegadas y corridas cordilleranas, sus niveles de despegue y la mecánica de la transferencia entre ambos sistemas.

Relaciones del sistema de cuencas de antepaís con las fajas plegadas y corridas

En los sectores donde se dispone de líneas sísmicas previas se ha podido avanzar en las características de los sistemas de cuenca de antepaís, en la identificaci3n de estratos de crecimiento, topes de cuñas y los efectos de la progradaci3n de los frentes de corrimientos (Comínguez y Ramos, 1990, 1991; Ramos et al., 1997). Sin embargo, la informaci3n sísmica no existe en la zona de apilamiento de las fajas plegadas y corridas precordilleranas o cordilleranas, no pudiéndose estudiar las relaciones entre ambos sistemas.

Sobre la base de modelos conceptuales y secciones corticales balanceadas, se han establecido tasas de acortamiento orogénico que varían entre 5 y 9 mm/a, en diversos sectores de las fajas plegadas y corridas de la Cordillera Principal y de la Precordillera. Estos valores se est3n cotejando con los obtenidos mediante estudios geodésicos satelitarios (GPS), los que est3n dentro del

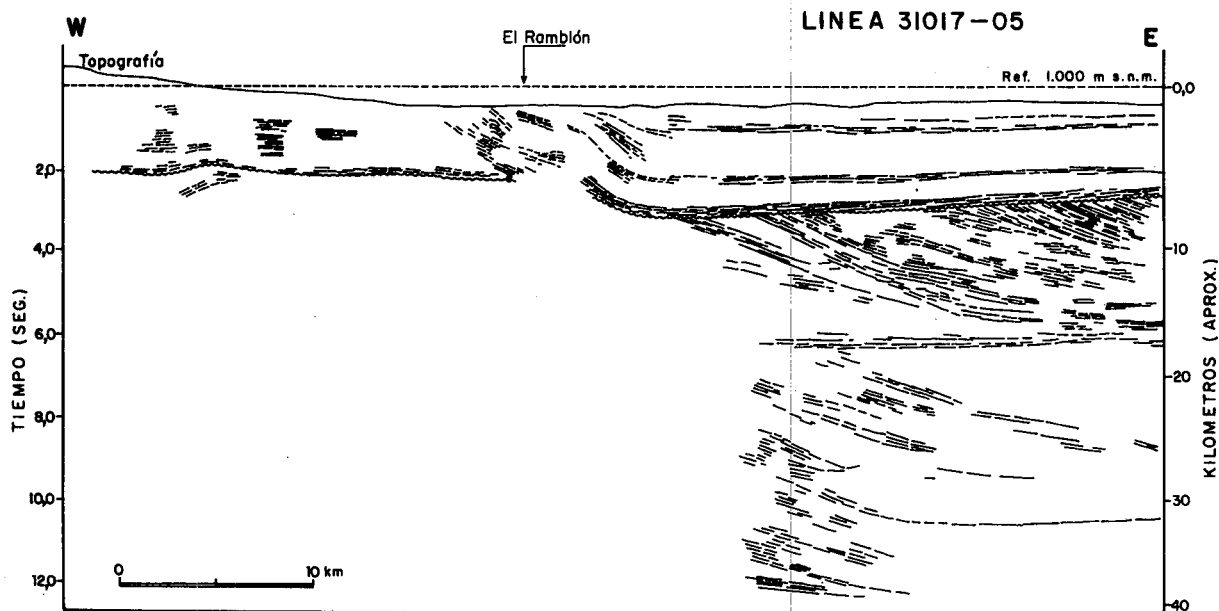


Figura 5. Interpretación de la línea sísmica ilustrada en la figura 4 (basada en Comínguez y Ramos, 1991). Nótese los reflectores profundos, la discontinuidad a los 14 km y la discordancia entre el basamento precámbrico y los depósitos sinorogénicos terciarios.

Figure 5. Interpretation of the seismic line shown in the figure 4 (based in Comínguez and Ramos, 1990). The deep reflections, the discontinuity at the 14 km deep and the unconformity between the Precambrian basement and the Tertiary synorogenic sediments are noticeable.

orden inferido por las secciones estructurales. Sin embargo, las pequeñas discrepancias encontradas deberían ser evaluadas mediante secciones corticales menos conceptuales, para confirmar si las diferencias son reales y existe actualmente una mayor tasa de deformación.

Identificación de suturas entre terrenos paleozoicos

La existencia de discontinuidades corticales entre los diferentes terrenos paleozoicos acrecionados en el margen ha podido ser constatada en algunos segmentos mediante el reprocesamiento de líneas convencionales (Ramos, 1994; Zapata, 1998). Dada la excelente reflectividad de estas discontinuidades oblicuas es muy probable que por debajo de los Andes se pueda distinguir la potencial presencia de suturas, que hayan condicionado la actividad tectónica extensional mesozoica como la compresión cenozoica (Ramos, 1994).

CONCLUSIONES

El breve análisis realizado muestra que el segmento de subducción horizontal, dadas sus presentes características

amagmáticas, su bajo flujo térmico, la complejidad de su estructura, donde intervienen fajas epidérmicas con importantes estructuras de basamento, y la relativa baja profundidad de la zona de Wadati-Benioff, es un objetivo múltiple valioso. La dilucidación de su geometría profunda permitirá evaluar los modelos conceptuales actuales propuestos y, a su vez, entender las relaciones entre la losa oceánica subducida y el origen de las fajas plegadas y corridas en el anterarco y el retroarco. La comprensión de estas relaciones, su geometría y mecánica de deformación permitirá establecer la cinemática de los orógenos tipo-Andino en una de sus localidades más clásicas.

AGRADECIMIENTOS

Dos árbitros anónimos contribuyeron con sus comentarios a mejorar este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Allmendinger, R.W., Figueroa, D., Snyder, D., Beer, J., Mpodozis, C., Isacks, B. L., 1990. Foreland shortening and crustal balancing in the Andes at 30° S latitude. *Tectonics* 9(4), 789-809.

- Alvarez, P.P., Ramos, V.A., 1999. The Mercedario Rift System in the Principal Cordillera of Argentina and Chile (32°S L). *Journal of South American Earth Sciences*, 12 (1), 17-31.
- ANCORP Working Group, 1999. Seismic reflection image revealing offset of Andean subduction-zone earthquake locations into oceanic mantle. *Nature*, 397, 341-344.
- Auboin, J.A., Borrello, A.V., Cecione, G., Charrier, R., Chotin, P., Frutos, J., Thiele, R., Vicente, J.C., 1973. Esquisse paleogeographique et structurale des Andes Meridionales. *Revue de Géographie Physique et de Geologie Dynamique*, 15 (1-2), 11-71, Paris.
- Barazangi, M., Isacks, B., 1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, 4, 686-692.
- Cahill, T., 1990. Earthquakes and tectonics of the Central Andean Subduction zone. Ph.D. Dissertation, Cornell University (unpublished), 1-110, Ithaca.
- Cahill, T., Isacks, B.L., Whitman, D., Chatelain, J.L., Pérez, A., Chiu, J.M., 1992. Seismicity and tectonics in Jujuy Province, Northwestern Argentina. *Tectonics*, 11(5), 944-959.
- Cegarra, M.I., Ramos, V.A., 1996. La Faja Plegada y Corrida del Aconcagua. In V.A. Ramos et al., (eds.) *Geología de la región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza*. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales, 24, 387-422, Buenos Aires.
- Cristallini, E.O., Ramos, V.A., 1997. Estructura profunda de los Andes a los 32° de Latitud Sur (Argentina y Chile). VIII° Congreso Geológico Chileno, Actas, III, 1622-1625, Antofagasta.
- Cristallini, E.O., Comínguez, A., Ramos, V.A., 1997. La estructura profunda del Aconquija y regiones adyacentes, Tucumán y Santiago del Estero, Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno, Actas, III, 1617-1621, Antofagasta.
- Cristallini, E.O., Comínguez, A., Ramos, V.A., 1998. Estructura profunda del sector occidental de la Sierra del Aconquija, Sierras Pampeanas de Argentina. X Congreso Latinoamericano de Geología. Actas, II, 111-115. Buenos Aires.
- Comínguez, A., Ramos, V.A., 1990. Sísmica de reflexión profunda entre Precordillera y Sierras Pampeanas. XI Congreso Geológico Argentino (San Juan), Actas, II, 311-314, San Juan.
- Comínguez, A., Ramos, V.A., 1991. La estructura profunda entre Precordillera y Sierras Pampeanas de la Argentina, evidencia de la sísmica de reflexión profunda. *Revista Geológica de Chile*, 18(1), 3-14, Santiago.
- Dellapé, D., Hegedus, A., 1993. Inversión estructural de la cuenca Cuyana y su relación con las acumulaciones de hidrocarburos. XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas III, 211-218, Buenos Aires.
- Dewey, J.F., Bird, J., 1970. Mountain belts and the new global tectonics, *Journal Geophysical Research*, 75, 2625-2647.
- Gansser, A., 1973. Facts and theories on the Andes, *Journal geological Society London*, 129, 93-131.
- Introcaso, A., Ramos, V.A., 1989. Geotransecta Valparaiso-Punta del Este. Parte I, perfil geofísico. Global Geotranssect Program, I.C.L.. Buenos Aires.
- Isacks, B., Jordan, T.E., Allmendinger, R., Ramos, V.A., 1982. La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la placa de Nazca subductada. V Congreso Latinoamericano de Geología, Actas, III, 587-606, Buenos Aires.
- Jordan, T. E., 1995. Retroarc foreland and related basins. In C. Spera y R.V. Ingersoll (eds.). *Tectonics of Sedimentary basins* Cambridge, Mass., Blackwell ed., 331-362,
- Jordan, T.E., Isacks, B., Ramos, V.A., Allmendinger, R.W., 1983a. Mountain building in the Central Andes. *Episodes* 1983(3), 20-26, Ottawa.
- Jordan, T.E., Isacks, B.L., Almendinger, R.W., Brewer, J.A., Ramos V.A., Ando, C.J., 1983b. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin*, 94(3), 341-361.
- Kay, S.M., Maksaev, V., Moscoso, R., Mpodozis, C., Nasi, C., 1987a. Probing the evolving Andean lithosphere: Mid-late Tertiary magmatism in Chile (29°– 30°31'S) over the modern zone of subhorizontal subduction. *Journal Geophysical Research*, 92 (B7), 6173-6189.
- Kay, S.M., Maksaev, V., Moscoso, R., Mpodozis, C., Nasi, C., Gordillo, C.E., 1987b. Tertiary Andean magmatism in Chile and Argentina between 28°S and 33°S: Correlation of magmatic chemistry with a changing Benioff zone. *Journal South American Earth Sciences*, 1(1), 21-38.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V.A., Munizaga, F., 1991. Magma source variations for mid to late Tertiary volcanic rocks erupted over a shallowing subduction zone and through a thickening crust in the Main Andean Cordillera (28-33°S). In R.S. Harmon y C. Rapela (eds.). *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*. Geological Society of America, Special Paper, 265, 113-137.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Coira, B., 1999. Neogene magmatism, tectonism, and mineral deposits of the Central Andes (22°S to 33°S). In B. Skinner et al. (eds.). *Geology and Mineral Deposits of Central Andes*. Society of Economic Geology, Special Publication (en prensa).
- Ragona, D., 1993. Estudio Geológico de la Ciénaga del Gaucho, Alta Cordillera de San Juan. Universidad de Buenos Aires, Trabajo Final de Licenciatura, (inédito), 113 pp., Buenos Aires.
- Ramos, V.A., 1993. Interpretación tectónica. In V.A. Ramos (ed.). *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. Relatorio de XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, I(19), 257-266, Buenos Aires.
- Ramos, V.A., 1994. Terranes of southern Gondwanaland and their control in the Andean structure (30-33°s lat.). In K.J.

- Reutter, E. Scheuber y P.J. Wigger (ed.). *Tectonics of the Southern Central Andes, Structure and Evolution of an Active Continental Margin*, 249-261, Berlín, Springer Verlag.
- Ramos, V.A., 1996. Interpretación tectónica. In V.A. Ramos et al. (eds.). *Geología de la Región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza*, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales, 24(16), 447-460, Buenos Aires.
- Ramos, V.A., Munizaga, F., Kay, S.M., 1991. El magmatismo cenozoico a los 33°S de latitud: geocronología y relaciones tectónicas. VI° Congreso Geológico Chileno, Actas, I, 892-896, Santiago.
- Ramos, V.A., Cegarra, M., Cristallini, E., 1996. Cenozoic tectonics of the High Andes of west-central Argentina, (30°-36°S latitude). *Tectonophysics*, 259, 185-200.
- Ramos, V.A., Cegarra, M., Lo Forte, G., Comínguez, A., 1997. El frente orogénico en la Sierra de Pedernal (San Juan Argentina): su migración a través de los depósitos orogénicos. VIII° Congreso Geológico Chileno, Volumen III, 1709-1713, Antofagasta.
- Regnier, M., Chatelain, J.L., Smalley, R., Ming Chiu, J., Isacks, B. L., Puebla, N., 1992. Seismotectonic of the Sierra Pie de Palo, a basement block uplift in the Andean foreland, Argentina. *Bulletin of Seismological Society of America*, 82, 2549-2571.
- Smalley, R.F., Isacks, B.L., 1990. Seismotectonics of thin and thick-skinned deformation in the Andean foreland from local network data: evidence for a seismogenic lower crust. *Journal of Geophysical Research*, 95, 12487-12498.
- Smalley, R., Pujol, J., Regnier, M., Ming Chiu, J., Chatelain, J.L., Isacks, B.L., Araujo, M., Puebla, N., 1992. Basement seismicity beneath the Andean Precordillera thin-skinned thrust belt and implications for crustal and lithospheric behaviour. *Tectonics*, 12(1), 63-76.
- Snyder, D., Ramos, V.A., Allmendinger, R.W., 1986. Deep Seismic Reflection Profiles of the crust beneath the Sierras Pampeanas, Andean Foreland of Argentina. *Eos*, 67(44), 1102, Washington.
- Snyder, D., Ramos, V.A., Allmendinger, R.W., 1990. Thick-skinned deformation observed on deep seismic reflection profiles in Western Argentina. *Tectonics*, 9 (4), 773-788.
- Zapata, T.R., 1998. Crustal structure of the Andean thrust front at 30°S latitude from shallow and deep seismic reflection profiles, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(2), 131-151.