

# **Estructuras de inversión tectónica en la Cordillera Oriental de los Andes, entre 23° y 24° S, Provincia de Jujuy, NO de Argentina**

## **Inversion Tectonics in the Eastern Cordillera of the Andes between 23° and 24° S, Province of Jujuy, NW Argentina**

N. HEREDIA <sup>(1)</sup>, R. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ <sup>(2)</sup>, R. E. SEGGIARO <sup>(3)</sup> y M. A. GONZÁLEZ <sup>(4)</sup>

*(1) Instituto Tecnológico Geominero de España, Avda. República Argentina 30, 1° B, E-24004 León.*

*(2) Instituto Tecnológico Geominero de España, C/ Rios Rosas 23, E-28003 Madrid.*

*(3) Servicio Geológico y Minero Argentino, Avda. de Bolivia 4750, A-4400 Salta.*

*(4) Servicio Geológico y Minero Argentino, Avda. Julio A. Roca 651, 8°, A-1322 Buenos Aires.*

### RESUMEN

El área estudiada de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas se caracteriza por la existencia de un basamento Precámbrico-Paleozoico, deformado por los ciclos orogénicos Panamericano y Famatiniano, y una cobertera discordante de edad Meso-Cenozoica. Los materiales mesozoicos se alinean a lo largo de estrechos corredores, enmarcados generalmente por fallas de dirección submeridiana, y constituyen los depósitos sintectónicos con la extensión cretácica. La sucesión cenozoica representa en su mayor parte el relleno sinorogénico del surco de antepaís vinculado con la compresión andina. Las estructuras relacionadas con el evento tectónico extensional son fallas normales alineadas en bandas de dirección N-S. Las estructuras compresionales del ciclo Andino son cabalgamientos, fallas inversas y pliegues relacionados con una vergencia predominante hacia el este, que en muchos casos rejuegan estructuras extensionales previas. Las láminas tectónicas de la Cordillera Oriental comienzan a emplazarse entre los 17 y 14 Ma en el Oeste hasta los 11 Ma en el Este, transfiriéndose la deformación a las Sierras Subandinas hacia los 8,5 Ma. Durante el lapso temporal de 8,5 a 1,8 Ma se desarrollan la mayor parte de las estructuras de segunda generación de la Cordillera Oriental, algunas de las cuales continuaron su actividad hasta hace 1 Ma. Un último episodio de deformación transtensiva comienza a partir de los 1 a 2 Ma y continúa hasta la actualidad.

*Palabras clave:* Estructura Andina. Cordillera Oriental. Inversión tectónica. NO Argentina

### ABSTRACT

The Eastern Cordillera and Subandean Ranges between 23° and 24° S exhibits an E-verging basement-involved reverse faults and thrusts. Most of the faults are generated by the inversion of the N-S trending extensional faults during compressional tectonics process.

Structural and kinematic analysis allow us to distinguish several stages during the compressional event. The thrust faulting started at 17 to 14 Ma in westernmost tectonic units of the Eastern Cordillera and at 11Ma in eastern thrust sheets. The compressional deformation has been transferred to the Subandean Ranges at 8,5 Ma and lasted, and it probably contemporaneous with the second generation of thrust (out of sequence thrust) in the Eastern Cordillera.

*Keywords:* Andean structure. Eastern Cordillera. Tectonic inversion. NW Argentina.

---

## EXTENDED ABSTRACT

In the Eastern Cordillera and Subandean Ranges in northern Argentina (Fig. 1), two large groups of rocks can be distinguished: an upper Proterozoic and lower Paleozoic basement, deformed during Panamerican and Famatinian orogenic cycles in non-metamorphic conditions, and the Andean cover, lying unconformably over this oldest basement (Mon et al., 1993; Omarini y Sureda, 1993). The Famatinian Orogenic Cycle has been subdivided in a preorogenic sequence of Cambro-Ordovician age and a synorogenic sequence, of Upper Ordovician-Lower Carboniferous age (Díaz et al., 1997). The most important structures related with the Famatinian Orogeny in this zone are thrusts and folds with westward vergence (Fig. 3).

In the Andean Orogenic Cycle, two main tectonostratigraphic units can be also defined: a preorogenic sequence (major part of Salta group) with an age Cretaceous to lower Tertiary, linked to an extensional tectonic event (Grier, 1990), and a synorogenic sequence formed by the upper part of Salta group and the Orán group. The last one correspond to the sedimentary filling of a tertiary foreland basin, adjacent to a fold thrust belt (Monaldi et al., 1993). The synorogenic sequence shows an eastward progradation in its facies and depocenters, with presence of some "piggy back" basins (deposition of the Humahuaca group) related with "out-off sequence" thrusts. The structures related to the extensional tectonic process are normal faults arranged in a N-S trending bands (Fig. 1), and formed in some cases over oldest famatinian structures (generally thrusts) of similar direction, and forming possibly symmetrical graben structures. In the compressional times of the Andean Orogeny, the most important structures are reverse faults and imbricated thrusts with related folds (Figs. 1 and 2), showing a "thick skinned" deformation style in the Cordillera Oriental and a "thin skinned" type in the Subandean Ranges. Most of the reverse faults are generated by the inversion of the extensional faults during compressional tectonics process, determining their position and geometry. Therefore, several of the large backthrusts are conditioned by the presence of major normal faults dipping to the East.

The observation of different kinematic markers, shows a tectonic transport direction to the East for the Andean compressional structures, and a forward emplacement for the larger thrusts. However, the presence of "out-off sequence" structures is normal in this area and they are very common around the Humahuaca Quebrada (Fig. 2), forming the recent (Plio-Quaternary) Humahuaca Basin. Structural and kinematic analysis of the most important structures and the age of the related synorogenic sediments, allow us to distinguish several stages during the compressional event (Vergani, 1988; Marret et al., 1994; Hernández et al., 1996). The thrust faulting started at 17 to 14 My in westernmost tectonic units of the Eastern Cordillera and at 11 My in eastern thrust sheets. The compressional deformation has been transferred to the Subandean Ranges at 8,5 My and lasted, at least locally until 1 My (Tilcara Thrust), and it is probably contemporaneous with the second generation of thrusts (out of sequence thrusts) in the Eastern Cordillera. Latest extensional and strike-slip faults started by 2 My and are still active.

The tectonic shortening in this section of the Eastern Cordillera of the Andes is close to 60 km (55% approx.), very similar on obtained in the northern sections, near to the boundary with the Bolivian Andes (Stark and Schulz, 1996).

---

## INTRODUCCIÓN

El área objeto de este estudio se ubica en los alrededores de la Quebrada de Humahuaca, en el extremo

noroccidental de la República Argentina. Abarca un sector de la parte septentrional de la Provincia de Jujuy, dentro de los departamentos de Humahuaca, Tilcara y Tumbaya (Fig. 1). Desde el punto de vista geológico se

sitúa fundamentalmente dentro de la unidad denominada Cordillera Oriental, si bien el sector localizado más al Este se puede considerar que forma parte de la unidad conocida como Sierras Subandinas.

Desde el punto de vista estratigráfico el sector investigado se caracteriza por la presencia de extensos afloramientos de materiales epizonales del basamento Precámbrico sup.-Cámbrico inf. (Fm. Puncoviscana) que no aparecen en el sector ocupado por las Sierras Subandinas (Fig. 2). Por otro lado en la Cordillera Oriental por encima de los materiales precámbricos sólo afloran materiales del Paleozoico inferior, correspondientes a los grupos Mesón (Cámbrico) y Santa Victoria (Ordovícico), con un espesor que no supera los 3.000 m. En contraste, las Sierras Subandinas presentan una potente y completa sucesión paleozoica (más de 4.000 m) que abarca desde el Ordovícico al Carbonífero inferior, ya que el Cámbrico, al ir adelgazándose progresivamente hacia el E, está ausente en algunas de las secciones. Esta sucesión precámbrico-paleozoica es eminentemente detrítica, estando constituida fundamentalmente por materiales siliciclásticos de grano medio y fino (areniscas y pizarras).

Los materiales paleozoicos se han depositado en relación con el Ciclo Orogénico Famatiniano, pudiendo separarse una etapa de sedimentación preorogénica entre el Cámbrico Superior y el Ordovícico Superior y una etapa sinorogénica entre el Ordovícico Superior y el Carbonífero Inferior (Díaz et al., 1997; Boso, 1997).

Los materiales correspondientes al Cretácico y a la parte basal del Terciario (Grupo Salta), presentan un espesor muy variable (250 a 3.000 m) y se alinean a lo largo de estrechos corredores de dirección submeridiana, enmarcados generalmente por fallas de esa misma dirección (Fig. 1). Los sedimentos terciarios (Grupo Orán), alcanzan un espesor cercano a los 1.000 m, ocupando amplias depresiones de dirección N-S, situadas entre las alineaciones montañosas. La mayor parte del Grupo Salta representa el relleno sintectónico de la extensión cretácica preorogénica (Grier, 1990). En su parte basal (Subgrupo Pirgúa), predominan los sedimentos siliciclásticos organizados en una secuencia estrato y grano decreciente, vinculados con el relleno de las depresiones originadas por la acción de las fallas extensionales. Su parte superior (Subgrupo Balbuena y parte inferior del Subgrupo Santa Bárbara), es expansiva sobre la inferior y en ella abundan los sedimentos carbonatados y lutíticos vinculados con una etapa de subsidencia térmica generalizada. La

parte superior del Subgrupo Santa Bárbara y la totalidad de la sucesión del Grupo Orán representa el relleno sinorogénico del surco de antepaís vinculado con la compresión andina (Monaldi et al., 1993), presentando una secuencia general estrato y grano creciente, con un predominio de los términos lutíticos en su parte basal y conglomeráticos a techo. Por último, existen sedimentos sinorogénicos más modernos (plio-cuaternarios) pertenecientes al Grupo Humahuaca (300 m) que afloran solamente en algunos sectores de la quebrada del mismo nombre. Representan el relleno de una cuenca confinada ("piggy back basin"), reactivada por la acción de estructuras recientes.

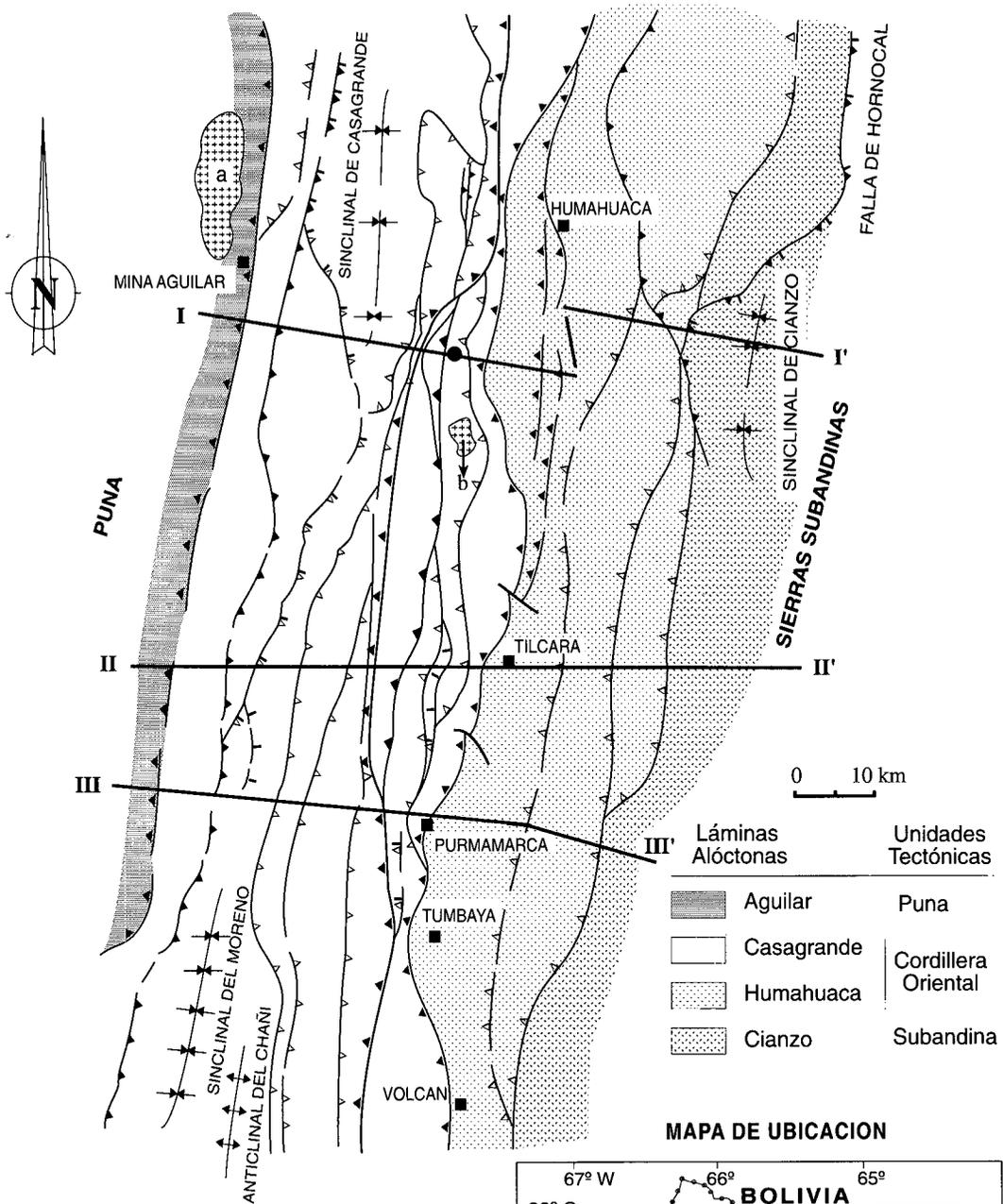
En el área estudiada se observan estructuras tectónicas atribuibles a eventos sobreimpuestos correspondientes a ciclos orogénicos diferentes (Mon et al., 1993). Así, se pueden identificar pliegues apretados con esquistosidad de plano axial relacionada, asignados a la denominada Fase Tilcárica (Turner y Méndez, 1975), desarrollada al final del ciclo orogénico Panamericano en el Cámbrico inferior. También se pueden observar corrimientos y pliegues relacionados con vergencia al Oeste (Fig. 3), relacionables con la etapa compresiva del ciclo Famatiniano (Aceñolaza y Toselli, 1973), desarrollada en esta zona entre fines del Ordovícico y principios del Carbonífero (Díaz et al., 1997).

## EL CICLO OROGÉNICO ANDINO

Las estructuras más evidentes en el mapa y perfiles geológicos (Figs. 1 y 2), son las relacionadas con el ciclo Andino. Este ciclo comienza con el desarrollo de un rift durante el Cretácico y culmina durante el Terciario con una etapa compresiva que se extiende hasta el Cuaternario. Esta fase da lugar a la mayor parte de la estructuración de la zona, constituida fundamentalmente por corrimientos y los pliegues relacionados con éstos, desarrollados en condiciones no metamórficas (Boll y Hernández, 1986; Bianucci et al., 1987; Aramayo Flores, 1989; Grier, 1990; Hernández et al., 1991; Kley y Reinhardt, 1993; Stark et al., 1996).

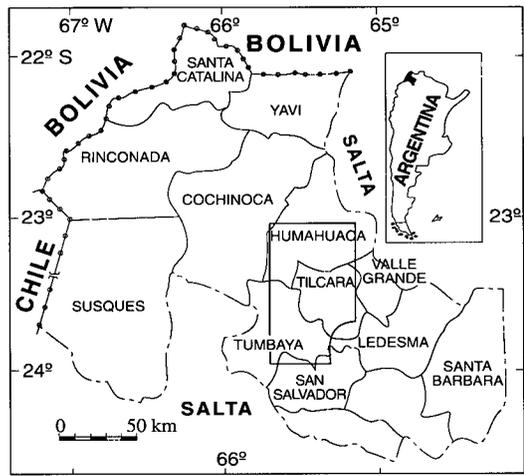
### La Extensión Cretácica

Durante el Cretácico inferior se produce la implantación de un importante período extensional, evidenciado por el desarrollo de un rift intracratónico (Grier, 1990). La tectónica distensiva cretácica se manifiesta por la presencia de un sistema de fallas directas o normales, de tra-



- Situación de la Fig. 3
  - Falla
  - |— Falla normal
  - |/ Falla normal invertida
  - △△ Cabalgamiento de 1ª generación
  - ▲▲ Cabalgamiento de 2ª generación
  - ↗↘ Sinclinal
  - ↕ Anticlinal
  - Granito a Aguilar b Fundición
- I — I' Cortes Geológicos

MAPA DE UBICACION



zado normalmente rectilíneo y dirección predominante N-S o NNE-SSO, (Fig.1). Estas fallas se encuentran, en muchos casos, parcialmente invertidas por la compresión andina, si bien esto no impide reconocer su geometría y sentido de movimiento original. En general, se observa que las fallas más occidentales hundien su bloque oriental y las más orientales el occidental (ver perfiles estructurales: Fig. 2), mostrándose, en general, bastante verticales en superficie. Esta disposición estructural parece indicar que la geometría más probable es la de una estructura de tipo "graben", siendo difícil establecer su geometría en profundidad, aunque lo más probable es que se unan a una superficie de despegue común.

Una falla extensional singular es la falla de Hornocal, que con una dirección ENE-OSO trunca el sinclinal de Cianzo en el sector NE del área estudiada (Figs. 1 y 2). Esta importante estructura ha condicionado claramente la sedimentación de las unidades cretácicas, actuando durante este periodo de tiempo como borde local de cuenca. Este hecho queda evidenciado por la presencia en su bloque hundido, situado en su labio suroriental, de una serie cretácica completa, caracterizada además por la presencia de un potente Subgrupo Pirgua que se apoya discordantemente sobre sedimentos carboníferos. En su bloque elevado, por el contrario, una gran parte de las unidades cretácicas están ausentes, apoyándose la parte alta del Subgrupo Santa Bárbara directamente sobre el Ordovícico.

Durante la etapa de desarrollo del rift, el Subgrupo Pirgua, integrado por depósitos conglomerático-areniscos, constituye la unidad sedimentaria sintectónica relacionada con esta fase; está caracterizada por la gran variabilidad de espesores que presentan sus depósitos (0 a 2.000 m). Con esta etapa también se puede vincular la intrusión de varios cuerpos graníticos, como los de Aguilar y Fundición, ubicados en la parte noroccidental del área estudiada, así como la extrusión de cuerpos volcánicos y subvolcánicos alcalinos (Rubiolo, 1992).

Durante el período de post-rift, desde el Cretácico superior hasta el Paleoceno, se desarrolló una etapa gobernada por la subsidencia térmica, cuyo registro sedimentario está representado por los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara (excepto la Fm. Lumbreira) que son expansivos respecto a los depósitos del Subgrupo Pirgua,

apoyándose a veces directamente sobre el substrato paleozoico.

## La Tectónica Compresional Andina

La ampliación de la información del subsuelo y la aplicación de modelos de deformación orogénica tangencial (tectónica de corrimientos), ha conducido a reinterpretar la estructura de la Cordillera Oriental y de las Sierras Subandinas como características de una faja "plegada y corrida" de antepaís. Las superficies de despegue se sitúan en el basamento precámbrico en la Cordillera Oriental y en la cobertera paleozoica o mesozoica en las Sierras Subandinas, lo que permite considerar a ambas unidades como prototipos de faja plegada de lámina gruesa y faja plegada de lámina fina, respectivamente. En este sentido, los trabajos de Boll y Hernández (1986) en el área de Tres Cruces (Cordillera Oriental) muestran ya fallas con geometría lítrica, con rampas y rellanos. Estos autores describieron, en el área de Tres Cruces, una asociación de estructuras integrada por: corrimientos, tanto con vergencia oriental como occidental, pliegues concéntricos asociados a éstos, y fallas inversas transversas.

Las estructuras más comunes relacionadas con esta etapa compresiva son, por lo tanto, las fallas inversas y corrimientos de dirección predominante N-S, así como los pliegues relacionados con ellos. Las fallas inversas y corrimientos rejuegan la mayor parte de las estructuras extensionales cretácicas, que presentan una dirección similar, aunque se crean también estructuras nuevas que aparecen cortando a las fallas normales anteriores (ver Fig. 2).

Una gran parte de los corrimientos presentan un alto ángulo en superficie, aunque presentan una geometría lítrica en profundidad, uniéndose a una superficie de despegue común (Boll y Hernández, 1986). Los pliegues corresponden casi siempre a estructuras de flexión de falla "fault bend folds", de gran radio y escala cartográfica, con elevado ángulo entre flancos. Únicamente en las proximidades de alguna de las grandes fallas inversas se nuclean pliegues a escala decamétrica a hectométrica algo más evolucionados. Además de las estructuras descritas se han observado algunas estructuras de compensación

Figura 1.- Esquema tectónico con el trazado de los cortes geológicos de la Fig. 2 y ubicación del área estudiada dentro de la Provincia de Jujuy.

Figure 1.-Tectonic sketch with the location of studied area and geological cross sections.

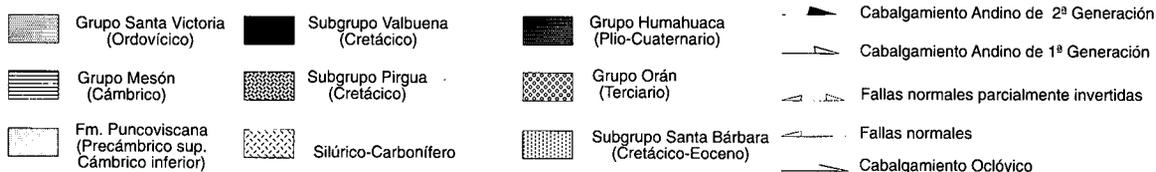
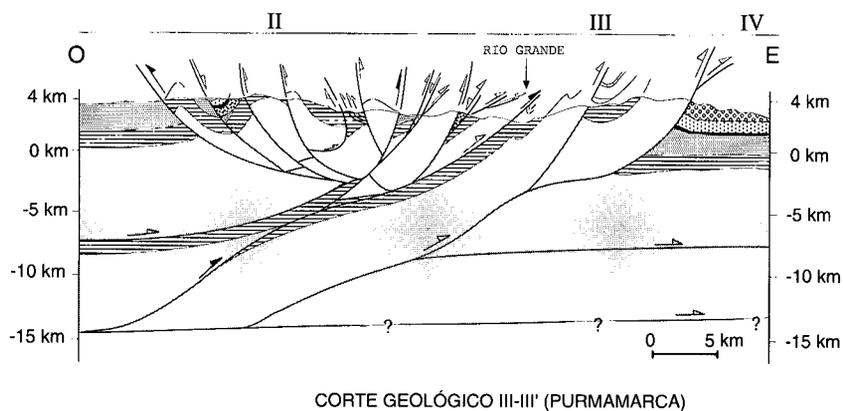
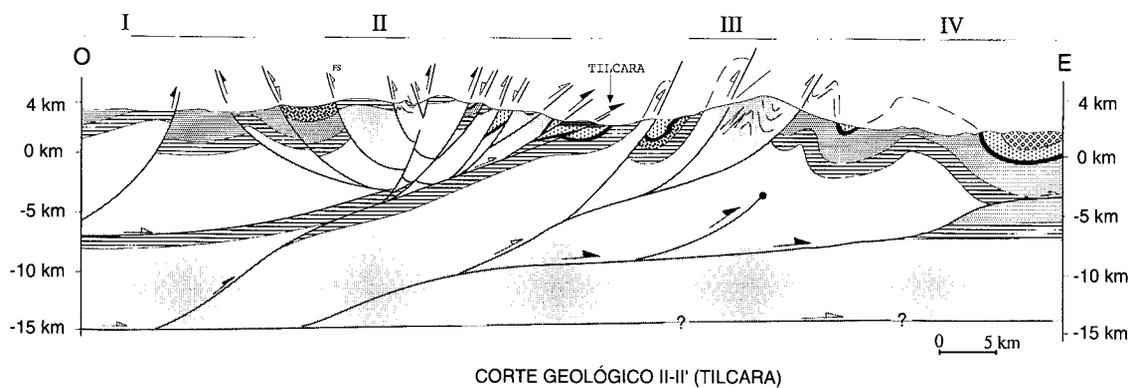
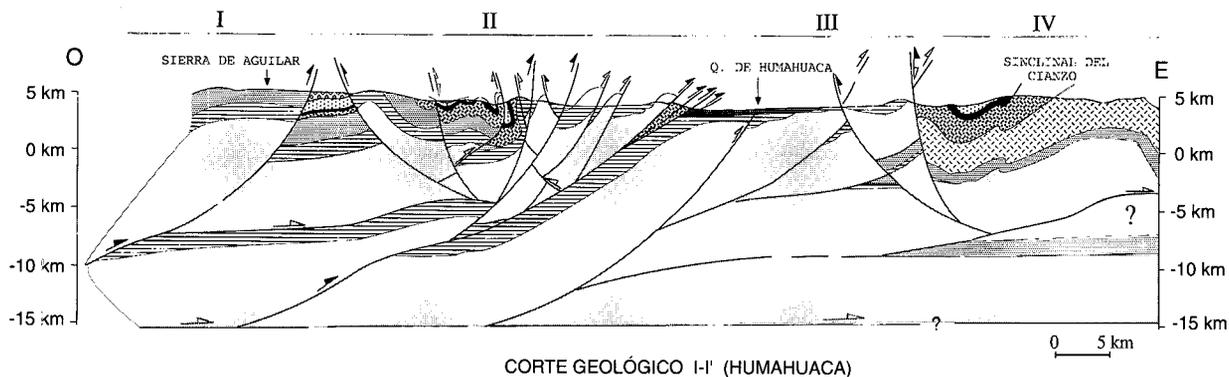


Figura 2.- Cortes Geológicos, trazado en la fig. 1. Láminas alóctonas: I) Aguilar, II) Casagrande, III) Humahuaca, IV) Cianzo; para su situación ver también fig. 1.

Figure 2.- Geological cross sections, location in fig. 1. Thrust systems: I) Aguilar, II) Casagrande, III) Humahuaca, IV) Cianzo, location also in fig.1.

lateral del tipo de rampas oblicuas. La más espectacular está representada por el rejuego de la falla extensional de Hornocal, que con un trazado cartográfico ENE-OSO (fig.1), rejuega levantando su bloque suroriental durante el evento compresional.

En las secciones estructurales (Fig. 2), se ha representado la superficie de despegue principal, situada en el basamento precámbrico, a una profundidad de aproximadamente 20 km. Esta profundidad del despegue es coincidente con el obtenido en perfiles realizados, entre otros, por Bianucci et al., (1987), Aramayo Flores (1989), y Allmendinger y Zapata (1996) en secciones vecinas, situadas al norte del área estudiada. Las líneas de bifurcación de los corrimientos permiten obtener una dirección de movimiento de éstos Oeste-Este o ONO-ESE. La vergencia dominante deducida por este criterio o por otros marcadores cinemáticos, como pliegues menores, es hacia el Este, aunque son frecuentes las estructuras con vergencia hacia el Oeste, especialmente en su sector occidental (ver perfiles geológicos: Fig. 2). Las fallas inversas con vergencia oriental son las que implican los mayores acortamientos. Las fallas inversas con vergencia occidental pueden ser interpretadas como retrocorrimientos, facilitados, en muchos casos, por la existencia de una estructura extensional previa con la misma orientación. El mecanismo general de propagación de los corrimientos parece ser hacia adelante (“forward”), tal y como lo atestigua el hecho de que las formaciones sinorogénicas del Grupo Orán sean más jóvenes en las Sierras Subandinas que en la Cordillera Oriental. Sin embargo, existen buenos ejemplos de estructuras fuera de secuencia, como lo atestigua el hecho de que las formaciones sinorogénicas depositadas en la Quebrada de Humahuaca (Grupo Humahuaca), sean más jóvenes que las de las Sierras Subandinas.

Teniendo en cuenta estas premisas y las relaciones geométricas entre las diferentes estructuras relevadas, se han podido diferenciar tres etapas principales de emplazamiento para los corrimientos en la Cordillera Oriental, si bien el proceso de deformación ha de entenderse como continuo, sin solución de continuidad entre cada etapa. En la primera etapa se emplaza el sobrecorrimiento más oriental de la unidad tectónica de la Puna (Aguilar) y posteriormente el más oriental de la unidad de Cordillera Oriental (Casagrande), cuyo frente se sitúa aproximadamente en la actual valle del río Grande (Figs. 1 y 2), invirtiendo parcialmente un “graben” mesozoico. Su despegue basal estaría a unos 12 km de profundidad. La inversión de algunas fallas normales del sector más occidental, con buzamiento hacia el Este, propicia la existencia de retrocorrimientos durante el emplazamiento de es-

ta lámina alóctona, con una dirección de transporte tectónico hacia el Oeste. Por delante de esta unidad se emplazan, en una típica secuencia “forward”, los corrimientos más orientales pertenecientes a la lámina o sobrecorrimiento de Humahuaca, con un nivel de despegue situado ya a casi 20 km de profundidad. El tránsito hacia las Sierras Subandinas se produce cuando este corrimiento basal asciende hacia niveles más superficiales y más altos en la secuencia estratigráfica (Fig. 2), dejando de aflorar por lo tanto los materiales cámbrico-precámbricos. Por último, se produce el emplazamiento de estructuras “fuera de secuencia” o de segunda generación (Figs. 1 y 2), que aprovechan en parte estructuras anteriores, dando lugar también a estructuras nuevas que afectan a los sedimentos más recientes (Gr. Humahuaca) e incluso depósitos cuaternarios en Tilcara.

El rejuego de alguno de los corrimientos de primera generación, como el retrocorrimiento que limita por el oeste la Cordillera Oriental, o el de Aguilar, explican el actual resalte que presenta esta unidad morfológica sobre la de la Puna, estimable en unos 500 a 1.000 m, según las zonas.

El cálculo del acortamiento realizado sobre los perfiles estructurales permite evaluarlo sólo para la Cordillera Oriental, en unos 60 km (55% aprox.), lo que es coherente con lo estimado por Stark y Schulz (1996), algo más al norte.

Con posterioridad al desarrollo de las estructuras compresionales descritas, se desarrollan pequeñas fallas de desgarre y fallas directas o normales con ellas relacionadas, que parecen indicar un contexto cinemático transensional con extensión ENE-OSO (Marrett et al., 1994). Estructuras con estas características se han podido observar en los alrededores de la localidad de Maimará.

### **Edad de la deformación**

Una gran parte de autores consideran que la tectónica Andina comenzó su actividad en el norte argentino a partir del Eoceno (fase Incaica), siendo la Formación Lumbraera (parte más alta del grupo Salta) el primer sedimento sinorogénico. Los datos geocronológicos disponibles parecen indicar que el desarrollo de los cabalgamientos en la Puna y en el sector occidental de la Cordillera Oriental comenzó entre los 17 y 14 Ma (Marret et al., 1994). A la altura de la cuenca del río Iruya, un poco al norte del área estudiada, el ascenso de la parte frontal de la Cordillera Oriental se produjo a partir de los 11.4 Ma

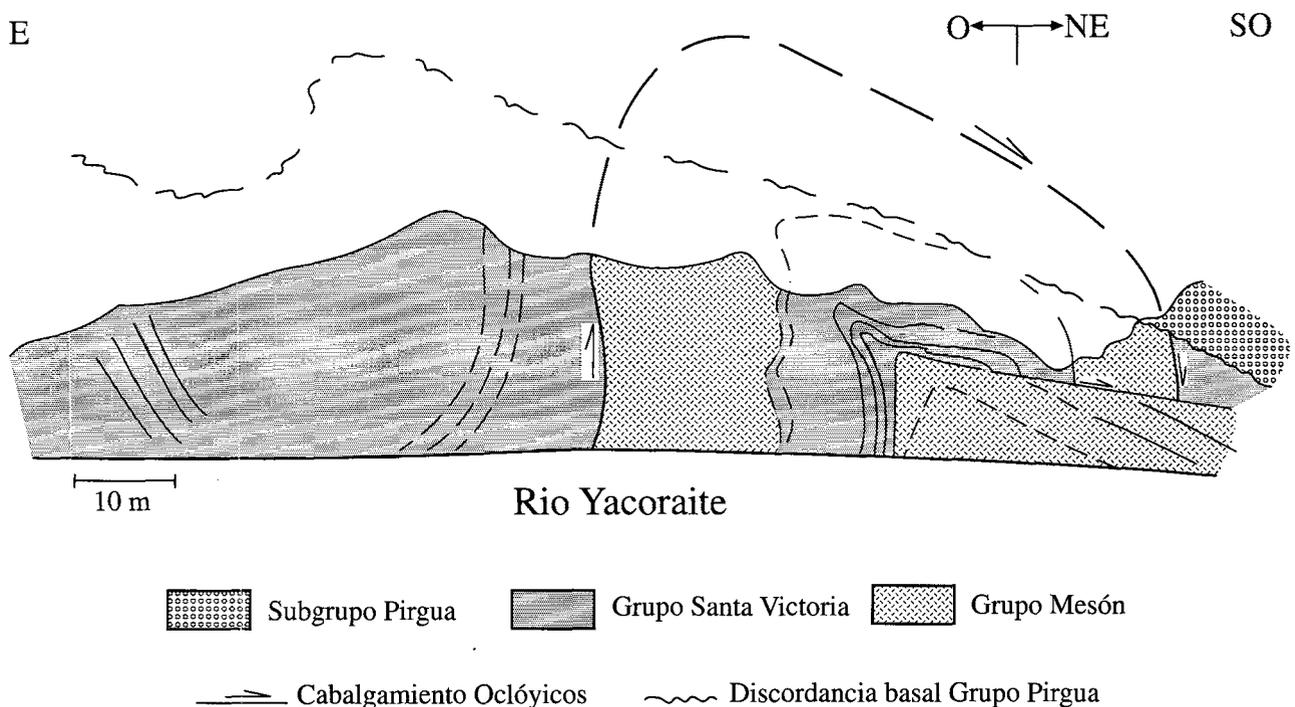


Figura 3.- Estructuras compresivas del Ciclo Orogénico Famatiniano (Ordovícico sup.-Carbonífero inf.) afectando a materiales cambro-ordovícicos de los Grupos Mesón y Santa Victoria. Estas estructuras aparecen fosilizadas por sedimentos conglomeráticos del Subgrupo Pirgua (Cretácico inferior). Afloramiento en la Quebrada de Yacoraité (situación en fig. 1, sobre el trazado del corte I-I').

Figure 3.- Compressive structures of the Famatinian Orogenic Cycle (Upper Ordovician-Lower Carboniferous), affecting to cambro-ordovician rocks of the Meson and Santa Victoria groups. These structures are fossilized by conglomeratic sediments of the Pirgua Group (Lower Cretaceous). Outcrop of the Yacoraité Quebrada (location in Fig. 1, over the outline of the cross section I-I').

(Hernández et al., 1996). A partir del Mioceno Superior, la aceleración en la velocidad de convergencia de las placas (Gubbels et al., 1993) facilita la reactivación del proceso compresional, transfiriéndose la deformación hacia las Sierras Subandinas. Así, a los 8.5 Ma existen evidencias del inicio de la sedimentación del Grupo Orán dentro de las Sierras Subandinas, como respuesta al levantamiento de la parte más occidental de éstas, interrumpiéndose el aporte sedimentario desde la Cordillera Oriental. El frente Subandino continuó su desarrollo hacia el Este hasta hace 1.8 Ma (Hernández et al., 1996). Durante el lapso temporal de 8.5 a 1.8 Ma debieron desarrollarse la mayor parte de las estructuras de segunda generación de la Cordillera Oriental, que continúan en actividad, en casos aislados (corrimiento de Tilcara), hasta hace 1 Ma.

La deformación extensional parece comenzar a partir de los 2 Ma en algunas zonas del Norte argentino (Marret et al., 1994), si bien el desarrollo más importante debe ser algo posterior (<1 Ma), y debe de continuar hasta la actualidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de un convenio de cooperación suscrito entre el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y el Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR), que ha contado con la financiación de la Agencia Española de Cooperación Internacional a través del Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI). Agradecemos a los revisores anónimos la lectura crítica del manuscrito original.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F., Toselli, A., 1973. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. Memoria II Congreso Latinoamericano de Geología, 2, 755-763. Caracas.
- Allmendinger, R.W., Zapata, T.R., 1996. The andean structure of the Cordillera Oriental from reprocessed YPF seismic reflection data. Andean Geodynamics. ORSTOM Editions, 265-268. Paris

- Aramayo Flores, F., 1989. El cinturón plegado y sobrecorrido del Norte Argentino. *Boletín Información Petrolera*, Marzo, 16 pp.
- Bianucci, H., Fernández Garrasino, C., Sánchez, E., 1987. Corrimientos de bajo ángulo entre La Quiaca y Abra Pampa (Prov. Jujuy, Argentina). *Actas X Congreso Geológico Argentino*, 1, 165-168. Tucumán.
- Boll A., Hernández, M., 1986. Interpretación Estructural del área Tres Cruces-Provincia de Jujuy- Argentina. *Boletín de Información Petrolera*, Año III, 7, 2-14.
- Boso, M.A., 1997. Los ambientes sedimentarios de la Formación Zapla en el Noroeste Argentino. *Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia*, 951-960. Tarija.
- Díaz E., Limachi, R., Goitia, V., Sarmiento, D., Arispe, O., Montesinos, R., 1997. Relación entre tectónica y sedimentación en la Cuenca de antepaís del Paleozoico medio de los Andes Centrales de Bolivia (14° a 22°S). *Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia*, 97-102. Tarija.
- Grier, M., 1990. The influence of the cretaceous Salta rift basin on the development of andean structural geometries. NW Argentina Andes. Tesis Doctoral, Cornell University. Ithaca. USA. Inédito.
- Gubbels T., Isacks, B., Farrar, E., 1993. High level surfaces, plateau uplift, and foreland development, Bolivian central Andes. *Geology*, 21, 695-698.
- Hernández R., Reynolds, J., Disalvo, A., 1996. Análisis tectosedimentario y ubicación geocronológica del Grupo Orán en el río Iruya. Informe inédito Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), 56p.
- Kley, J., Reinhardt, M., 1993. Geothermal and Tectonic evolution of the Eastern Cordillera and Subandean Ranges of Southern Bolivia. In K.-J. Reutter, E. Scheuber y P.J. Wigger (eds.). *Tectonic of the southern Central Andes*, Berlin, Springer-Verlag, 155-170.
- Marret, R.A., Allmendiger, R.W., Alonso, R.N., Drake, R.E., 1994. Late Cenozoic tectonic evolution of the Puna Plateau and adjacent foreland, northwestern Argentine Andes. *Jour. South Amer. Earth Sci.*, 7, 179-208.
- Mon, R., Ramer, S., Mena, R., 1993. Estructuras Superpuestas en la Cordillera Oriental, Provincia de Jujuy, Argentina. *Actas XII Congreso Geológico Argentino*, III, 48-54.
- Monaldi, C.R., Salfity, J.A., Vitulli, N., Ortiz, A., 1993. Estructuras de crecimiento episódico en el subsuelo de la Laguna Guayatayoc, Jujuy, Argentina. *Actas XII Congr. Geol. Argentino*, III: 55-64.
- Omarini, R., Sureda., R., 1993. Evolución geodinámica y configuración paleogeográfica en los Andes Centrales del Proterozoico Superior al Paleozoico Inferior: modelos, alternativas y problemas. *Actas XII Congreso Geológico Argentino*, III, 291-307.
- Rubiolo, D.G., 1992. Zur Geologie, Petrographie und Geochemie der Alkali-Magmatite der Sierra de Santa Victoria (E-Kordillere, NW-Argentinien). *Klausth. Geowiss. Diss.*, 41, 145 p.
- Stark, D., Schulz, A., 1996. La configuración estructural del límite Cordillera Oriental-Sierras Subandinas en el extremo norte de la República Argentina. *Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia*, 221-229. Tarija.
- Turner, J., Méndez, V., 1975. Geología del sector Oriental de los Departamentos de Santa Victoria e Iruya, Provincia de Salta. República Argentina. *Bol. Acad. Nac. Cienc. Argentina*, 51(1-2), 11-24.