

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUBCUENCA CACHEUTA-TUPUNGATO DEL EJE OCCIDENTAL DEL RIFT DE LA CUENCA CUYANA

Laura Giambiagi^{1*}, Stella Maris Moreiras¹, Gustavo Gómez², Erico Stahlschmidt³,
Silvana Spagnotto⁴, José Mescua¹

1: IANIGLA, CCT Mendoza, Centro Científico y Tecnológico, Parque San Martín s/n, 5500 Mendoza, Argentina.

lgiambiagi@mendoza-conicet.gob.ar; jmescua@mendoza-conicet.gob.ar

2: El Trébol S.A. Actualmente en YPF. geocaucete@gmail.com

3: El Trébol S.A. Julio Roca 234, 5500, Mendoza, Argentina. ericos@petrebol.com.ar

4: Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Nacional de San Luis, Argentina. pampa113@gmail.com

Palabras clave: Inversión tectónica, reactivación, campo de esfuerzos, análisis cinemático, análisis dinámico

ABSTRACT

Structural characterization of the Cacheuta-Tupungato sub-basin from the occidental sector of the Cuyo Basin

This paper characterizes the 3D Triassic and Plio-Holocene deformation of the Cacheuta sub-basin. This sub-basin is located in the western axis of the Cuyo basin, in the Andean foreland at the transitional segment between flat subduction (north of 33°S) and normal subduction (south of 34°S). It integrates surface and subsurface data together with kinematic analysis of the main Andean structures and kinematic/dynamic analysis of meso-scale shear planes. The Andean foreland between 33 and 34°S is characterized by two Plio-Holocene stress fields coexisting side by side: a northern compressional regime and a southern strike-slip one. Our model highlights the outstanding correlation between the morphology of the subducted slab, the spatial shift from compressive to strike-slip tectonic regime, and the southward disappear of the Precordillera.

We suggest that the inversion of Triassic extensional structures, striking NNW to WNW, were reactivated during the Plio-Pleistocene in those areas with transpression to strike-slip regime, while in the compressive regime domain, they remain fossilized.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Cuyana corresponde a una cuenca triásica de *rift* continental, desarrollada sobre el margen sudoccidental del Gondwana. Esta cuenca ha sido tradicionalmente tomada como ejemplo de cuenca de *rift* subsecuentemente invertida durante una orogenia compresiva (Legarreta *et al.*, 1992; Dellapé y Hegedus, 1995; Uliana *et al.*, 1995; Ávila *et al.*, 2005; Zencich *et al.*, 2005). La misma se desarrolla a lo largo de dos ejes subparalelos (Figura 1) de subsidencia tectónica, de orien-

tación NNO (Criado Roqué *et al.*, 1960). El eje occidental está conformado por las áreas Cacheuta, La Pilona, Estructura Intermedia, Refugio, Tupungato, Piedras Coloradas, Chañares Herrados y Puesto Pozo Cercado (Moratello 1993). El eje oriental involucra a las áreas Barrancas, La Ventana y Vizcacheras, mientras que Tierras Blancas y Ugarteche se encuentran en la zona “entre ejes”.

El presente proyecto contempló la caracterización estructural de la subcuenca Cacheuta del eje occidental de la cuenca. Para ello se modeló geométrica, cinemática y dinámicamente (mecánicamente) la deformación durante dos etapas: etapa extensional (Triásico) y etapa contraccional (Mioceno-Presente). Para realizar el modelado estructural se integraron los datos geológicos previos tanto publicados como inéditos con los datos obtenidos del mapeo estructural de campo y de la interpretación de datos de subsuelo: sísmica 3D y datos de pozos. Se construyeron 6 perfiles estructurales. El análisis cinemático de fallas consistió en el modelado de datos de deslizamiento de fallas de (i) gran escala con desplazamiento > 20 m, y de (ii) meso-escala con desplazamiento entre 0,2 y 20 m. Utilizando la hipótesis cinemática de Marrett y Allmendinger (1990), se determinó la orientación y la magnitud relativa de los ejes principales de velocidad de deformación obtenidos a partir de las concentraciones máximas de ejes de extensión (T) y de acortamiento (P) de los datos cinemáticos.

El modelado dinámico se obtuvo a partir de la inversión de datos de desplazamiento

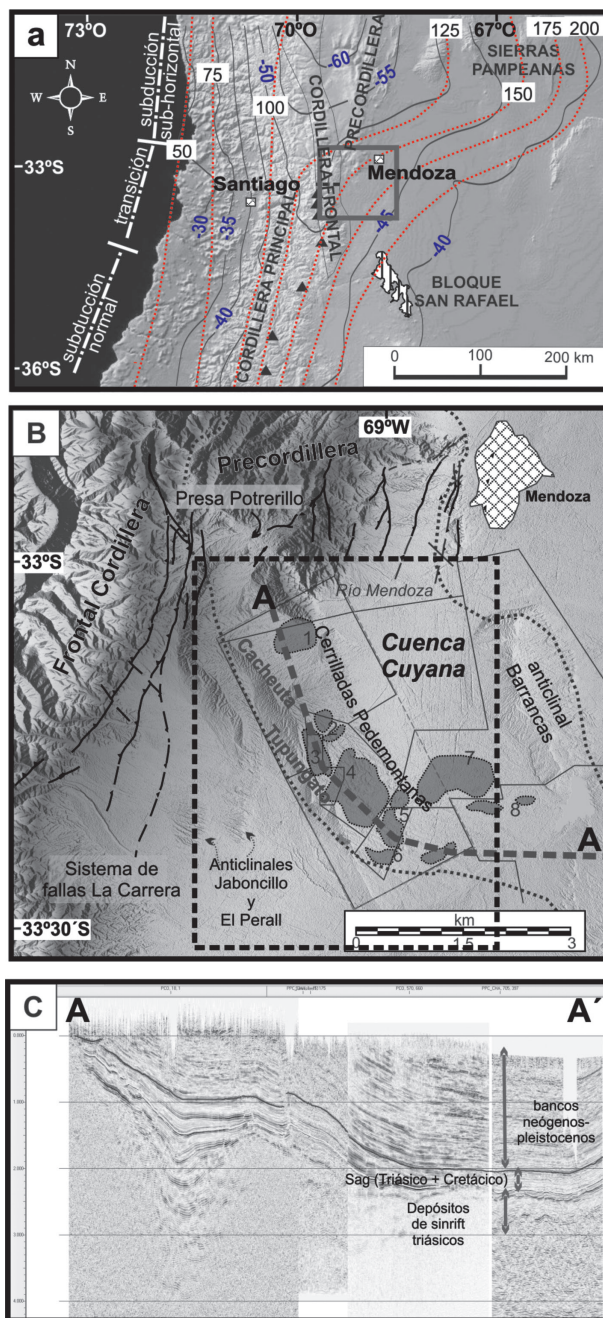


Figura 1. A) Mapa topográfico de los Andes entre los 31° y 36°S, donde se resaltan los principales rasgos morfoestructurales de los Andes. Las líneas negras indican la profundidad al Moho, obtenida por Tassara y Echaurren (2012). Las líneas punteadas rojas indican la profundidad a la placa de Nazca subducida según Cahill y Isacks (1992). El rectángulo indica el área de la Figura 1B. B) Mapa topográfico de detalle donde se observa la terminación hacia el sur de la Precordillera y la extensión de la cuenca Cuyana. El rectángulo indica la ubicación de la Figura 2. Los números indican los yacimientos (1) Cacheuta, (2) Estructura intermedia, (3) Refugio, (4) Tupungato-Piedras Coloradas, (5) Chañares Herrados, (6) Pozo Puesto Cercado, (7) Ugarteche, y (8) Tierras Blancas. C) Línea sísmica arbitraria. Ver ubicación en Figura 1B.

de las fallas de gran y meso-escala. Se utilizaron para ello los mismos datos obtenidos para el análisis cinemático. Esta técnica permite obtener un tensor de paleoesfuerzos para cada estación de medición. La inversión de datos se realizó aplicando el *Multiple Slip Method* implementado por el programa T-TECTO 3.0, que permite obtener tensores de esfuerzos reducidos (ejes de σ_1 , σ_2 y σ_3 , y la razón de esfuerzos ϕ).

MARCO GEOLÓGICO

Durante el Triásico, un régimen extensional de carácter continental generó la apertura de la cuenca Cuyana como una cuenca de *rift*. El relleno de esta cuenca corresponde a rocas sedimentarias continentales con rocas volcánicas subordinadas del Grupo Uspallata. Durante la deposición de la primera fase de *rift* (etapa de *sinrift* inicial), ocurrida durante el Triásico Temprano alto al Triásico Tardío bajo (Zavattieri y Prámpano 2006; Spalletti *et al.*, 2008), la deposición de abanicos aluviales y sedimentos de ambiente fluvial y lacustre (formaciones Río Mendoza y Las Cabras) se encontraba restringida a una serie de depresiones desconectadas parcialmente, cuya subsidencia estaba controlada por el movimiento de fallas (Kokogian *et al.*, 1993; Spalletti *et al.*, 2008). La subcuenca Cacheuta posee polaridad occidental, con máximos espesores de *sinrift* ubicados próximos a las fallas maestras ubicadas al oeste (Kokogian *et al.*, 1993; Dellapé y Hegedus, 1995). La misma está formada por los hemigrábenes Cacheuta y Tupungato, que se habrían desarrollado durante esta primera etapa del *rift* (Dellapé y Hegedus, 1995), controlados por el movimiento de dos fallas maestras inclinando al este, Higueritas y Anchayuyo Norte, respectivamente (Giambiagi y Moreiras 2012). La deformación extensional continuó con un mayor desplazamiento de las fallas maestras, que controlaron la deposición de sedimentos fluviales (Formación Potrerillos).

Durante la siguiente etapa de apertura de la cuenca, etapa de climax del *sinrift*, estos hemigrábenes fueron conectados dentro de un amplio depocentro relleno por hasta 450 m de depósitos lacustres y deltaicos, de la Formación Cacheuta. Esta fase fue seguida por una fase de enfriamiento térmico, etapa de *sag* (Kokogian y Mansilla 1989; Dellapé y Hegedus, 1995), con la progresiva desactivación de las fallas maestras y secundarias durante la sedimentación de la Formación Río Blanco (Gómez y Stahlschmidt 2014 este congreso).

Una vez que la etapa de régimen extensional finalizó, para el Cretácico Temprano alto, un evento compresivo dio origen al ciclo Andino (Mpodozis y Ramos 1989), pero recién en el Mioceno Temprano, esta región empezó a recibir sedimentos sinorogénicos (formaciones Mariño y La Piona) provenientes desde la faja plegada y corrida Aconcagua (Irigoyen *et al.*, 2000; Giambiagi *et al.*, 2003). La deformación contraccional progresó hacia el este, levantando la Cordillera Frontal durante el Mioceno Tardío (formaciones Tobas La Angostura y Río de los Pozos) y la Precordillera durante el Plioceno Tardío (Irigoyen *et al.*, 2000; Giambiagi *et al.*, 2003; Hoke *et al.*, en prensa). Depósitos

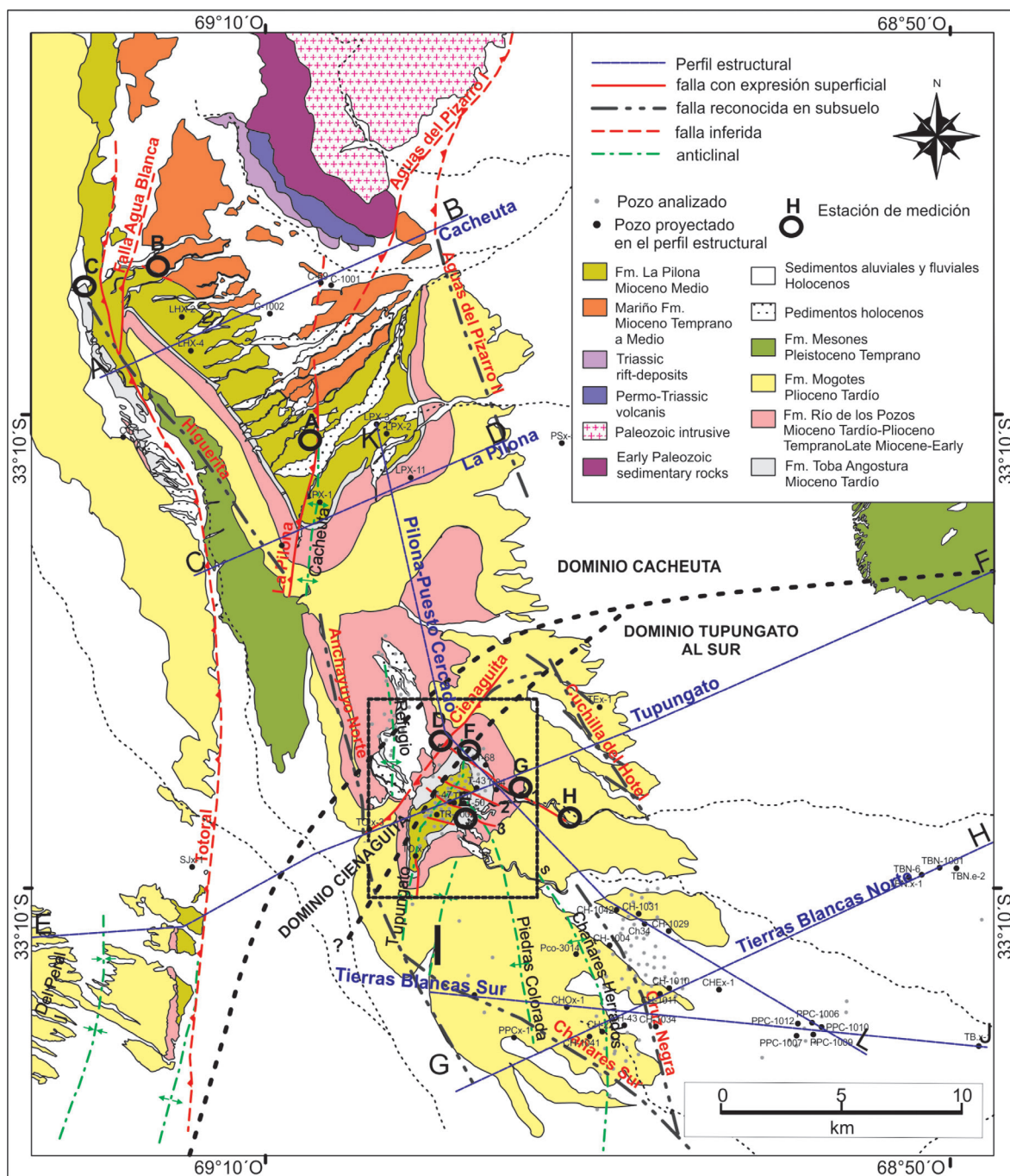


Figura 2. Mapa geológico estructural del área de estudio, indicando las principales estructuras aflorantes, las estructuras interpretadas con datos de subsuelo y las fallas inferidas. Las áreas de Cacheuta, El Peral y Tupungato fueron modificadas de Irigoyen *et al.* (2000), García *et al.* (2005) y Stahlschmidt (1985) respectivamente. Las líneas punteadas negras indican los límites transicionales entre los distintos dominios estructurales.

sinorogénicos plio-pleistocenos provenientes tanto de la Precordillera como de la Cordillera Frontal (formaciones Mogotes y Los Mesones) se encuentran hoy en día afectados por la deformación del frente orogénico activo. Este frente se ubica, para el sector norte analizado, en el anticlinal Barrancas (Chiaramonte *et al.*, 2000), donde el sismo de 1985 de Mendoza tuvo su epicentro; mientras que

para el sector sur, se ubica en los anticlinales Jaboncillo y El Peral (García *et al.*, 2005; García y Casa, en prensa), más de 40 km hacia el Oeste con respecto al anticlinal Barrancas.

El rasgo tectónico más importante de la región estudiada es su ubicación por encima del segmento de transición (33° - 34° S) entre el segmento de subducción subhorizontal (28° - 33° S) y el de subducción normal (al sur de los 34° S) (Figura 1A). A lo largo de esta transición desaparecen hacia el sur la Precordillera y las Sierras Pampeanas como rasgo topográfico. Esto ha sido explicado a partir de un mayor acople entre las placas Sudamericana y Nazca, el cual favorece un régimen compresivo en el antepaís (Jordan *et al.*, 1983). La Precordillera, como rasgo morfológico, va perdiendo expresión hacia el sur, hasta desaparecer por debajo de la región conocida como Cerrilladas Pedemontanas (Figuras 1B y 2). Sobre esta última región, se encuentran los yacimientos pertenecientes al eje occidental de la cuenca.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Las estructuras identificadas y mapeadas en superficie corresponden a: fallas Totoral, La Pilona, Cienaguita, Agua de las Avispas, Calabozo y Angostura, al sistema de fallas Agua del Pizarro, y a los anticlinales Cacheuta, La Pilona, Tupungato, Refugio, Piedras Coloradas y Chañares Herrados (Figuras 2 y 3).

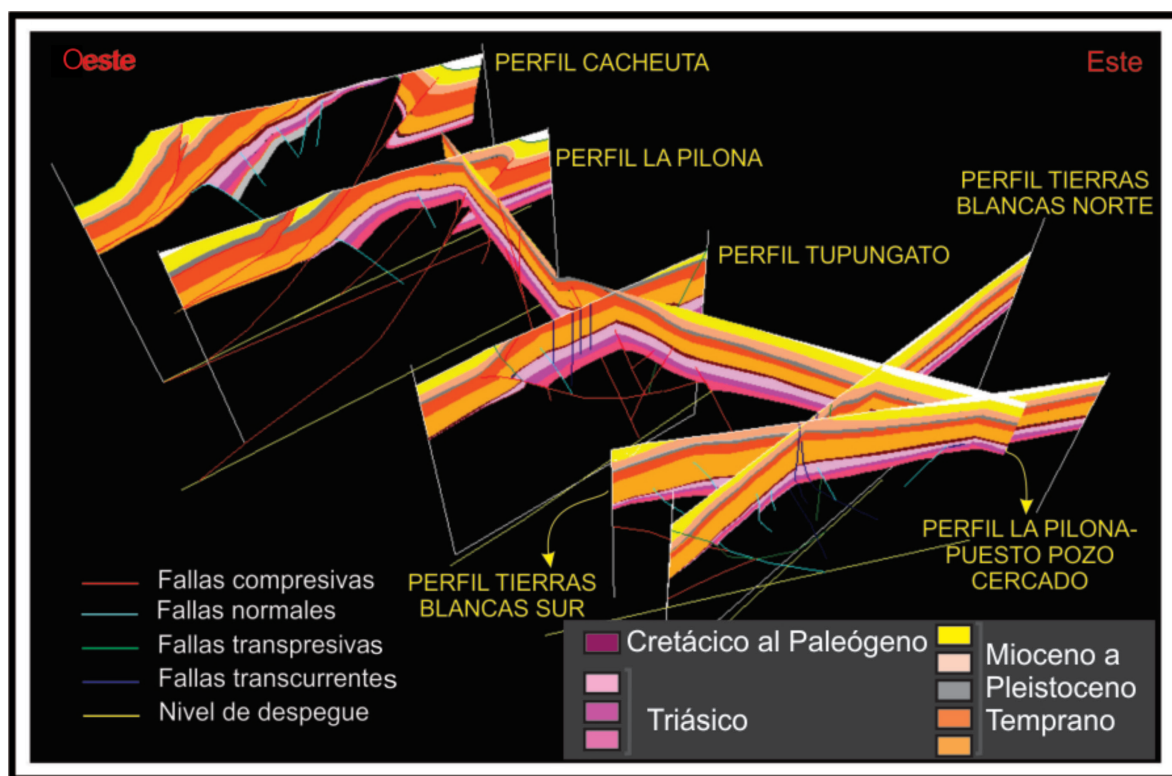


Figura 3. Perfiles estructurales balanceados. Véase ubicación de perfiles en mapa geológico de la Figura 2.

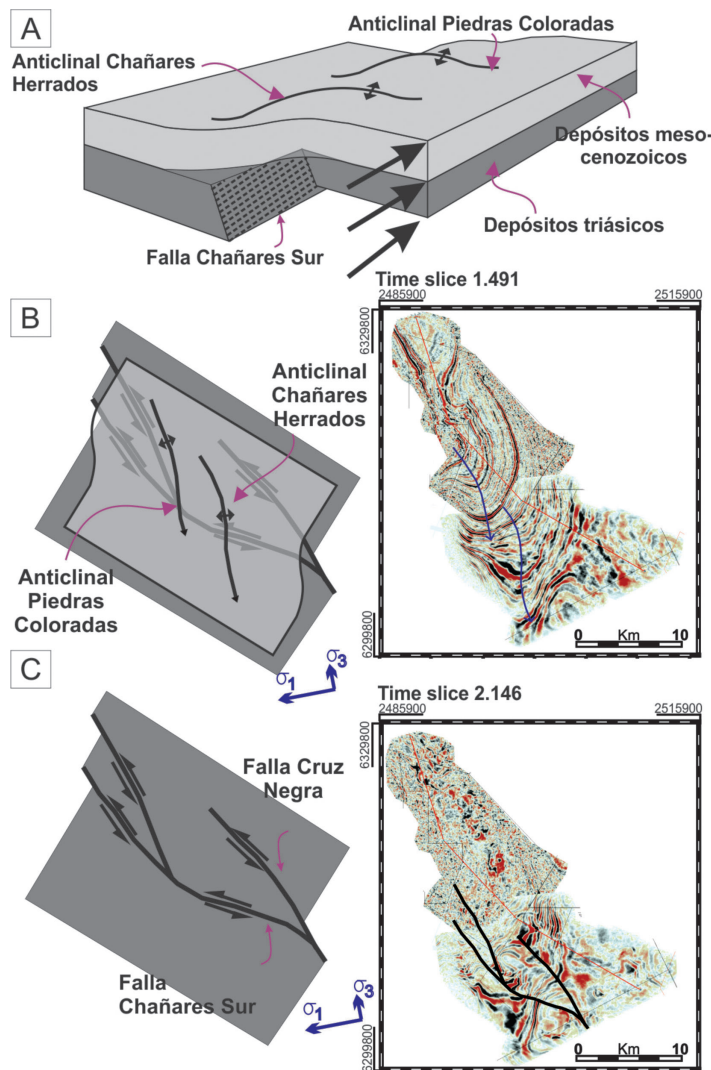
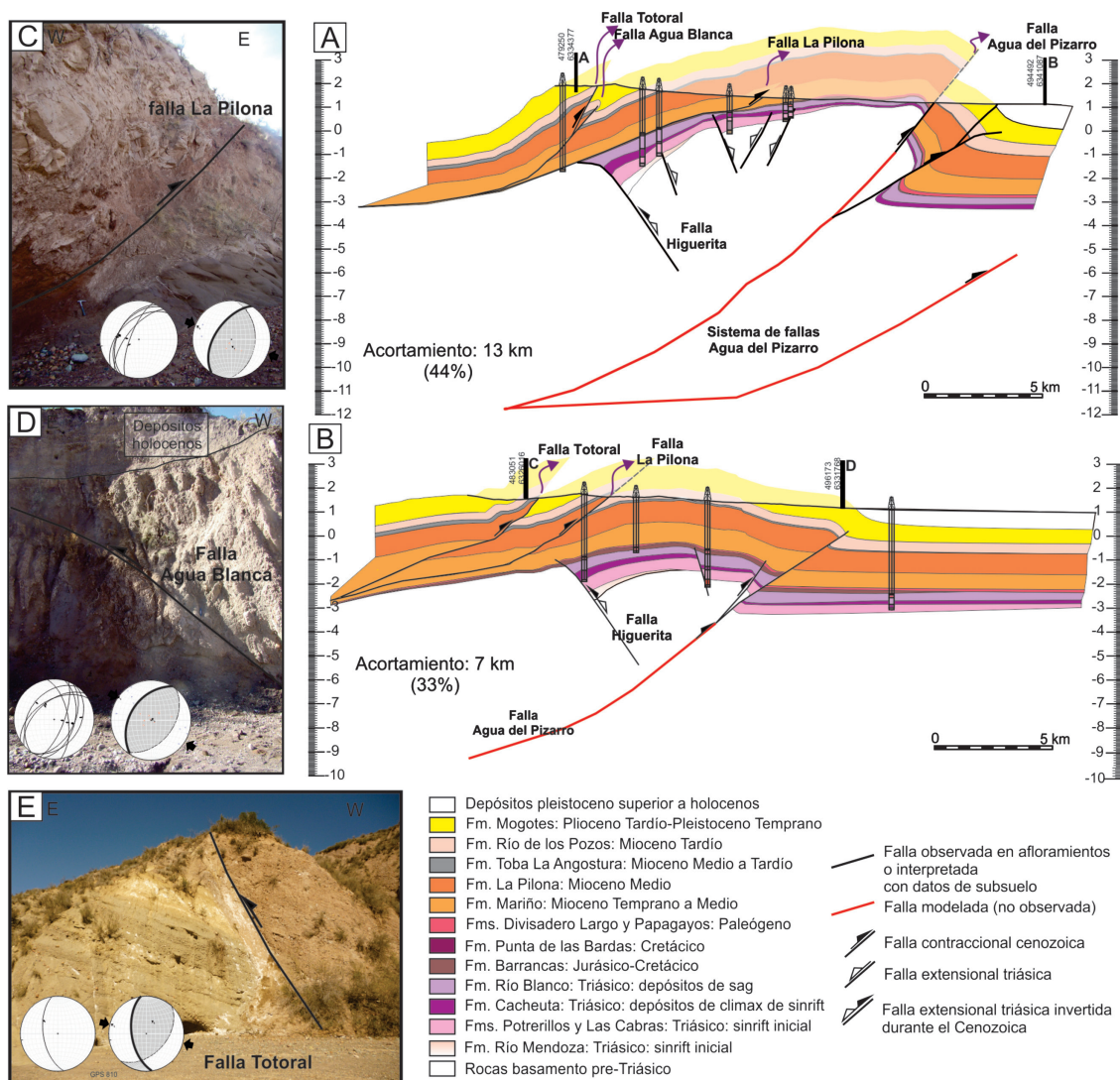


Figura 4. A) Interpretación cinemática de la generación de los anticlinales Chañares Herrados y Piedras Coloradas. Los pliegues fueron generados a partir del movimiento transcurrente de las fallas normales pre-existentes Chañares Sur y Cruz Negra, y la existencia de un desacople entre los depósitos triásicos y la cobertura meso-cenozoica. Este desacople es claramente observable a los distintos niveles de profundidad en los datos de sísmica 3D. B) *Time slice* 1.942 msec e interpretación de la genesis del anticlinal. C) *Time slice* 2.146 msec e interpretación de la reactivación de fallas normales triásicas como fallas transcurrentes sinestrales.

En subsuelo, las estructuras más importantes reconocidas corresponden a las fallas Anchayuyo Norte, Chañares Sur, Cienaguita y los pliegues Piedras Coloradas y Chañares Herrados. Comparando los distintos *time slices* (1491 vs 2146 msec, Figura 4) se puede apreciar un fuerte desacople en el sector sur entre la deformación profunda, que afecta al *sinrift* triásico, con presencia de fallas normales y transcurrentes, de aquella que afecta a los depósitos más modernos con presencia de grandes anticlinales y sinclinales.

ANÁLISIS CINEMÁTICO

A partir del análisis cinemático se separó al área en tres dominios cinemático-estructurales (Figura 2): Cacheuta, Cienaguita y Tupungato al Sur. El **dominio Cacheuta**, que abarca el área homónima y el sector más septentrional del área Estructura Intermedia, posee una cinemática predominantemente contraccional, con estructuras de rumbo subordinadas (Figura 5). La cinemática del anticlinal Cacheuta corresponde a un anticlinal desarrollado a partir de una falla nueva (no reactivada), con baja inclinación ($< 30^\circ$) al oeste, la falla Agua del Pizarro, cuyo acortamiento desde el despegue ubicado a 12-13 km de profundidad se habría propagado hacia las capas neógenas a partir de un fuerte plegamiento de las mismas (Figura 5, A y B). El acortamiento del área decrece fuertemente hacia el sur. Posteriormente a la generación del pliegue, la falla Agua del Pizarro



rompe el mismo hasta alcanzar la superficie. Con posterioridad a la generación del anticlinal y al levantamiento del cordón del Totoral, se desarrollan los corrimientos de piel fina, Totoral y Agua Blanca. El análisis cinemático de fallas indica una dirección de contracción ONO para este dominio (Figura 5, C-E).

El **dominio Cienaguita** se ubica entre la falla Refugio y el sector sur del área Refugio-Tupungato (Figura 2). El mismo posee una cinemática más compleja que el dominio Cacheuta, con estructuras predominantemente de rumbo pero con una componente contraccional (Figura 6A). Esto se puede apreciar en el análisis cinemático de sus fallas principales, donde la componente contraccional prevalece por encima de la componente de rumbo (Figura 6, C y D). La falla Cienaguita levanta al anticlinal Tupungato a partir del movimiento inverso-dextral de la misma. Esta estructura ha sido interpretada como una falla de acomodación previa del *rift* triásico, invertida bajo el régimen de esfuerzos cenozoico tardío como contraccional con componente de rumbo. Se interpreta que las fallas paralelas a la Cienaguita e identificadas en datos de subsuelo hacia el sur, habrían sido estructuras de acomodación triásicas, pero con poco o nula reactivación cenozoica.

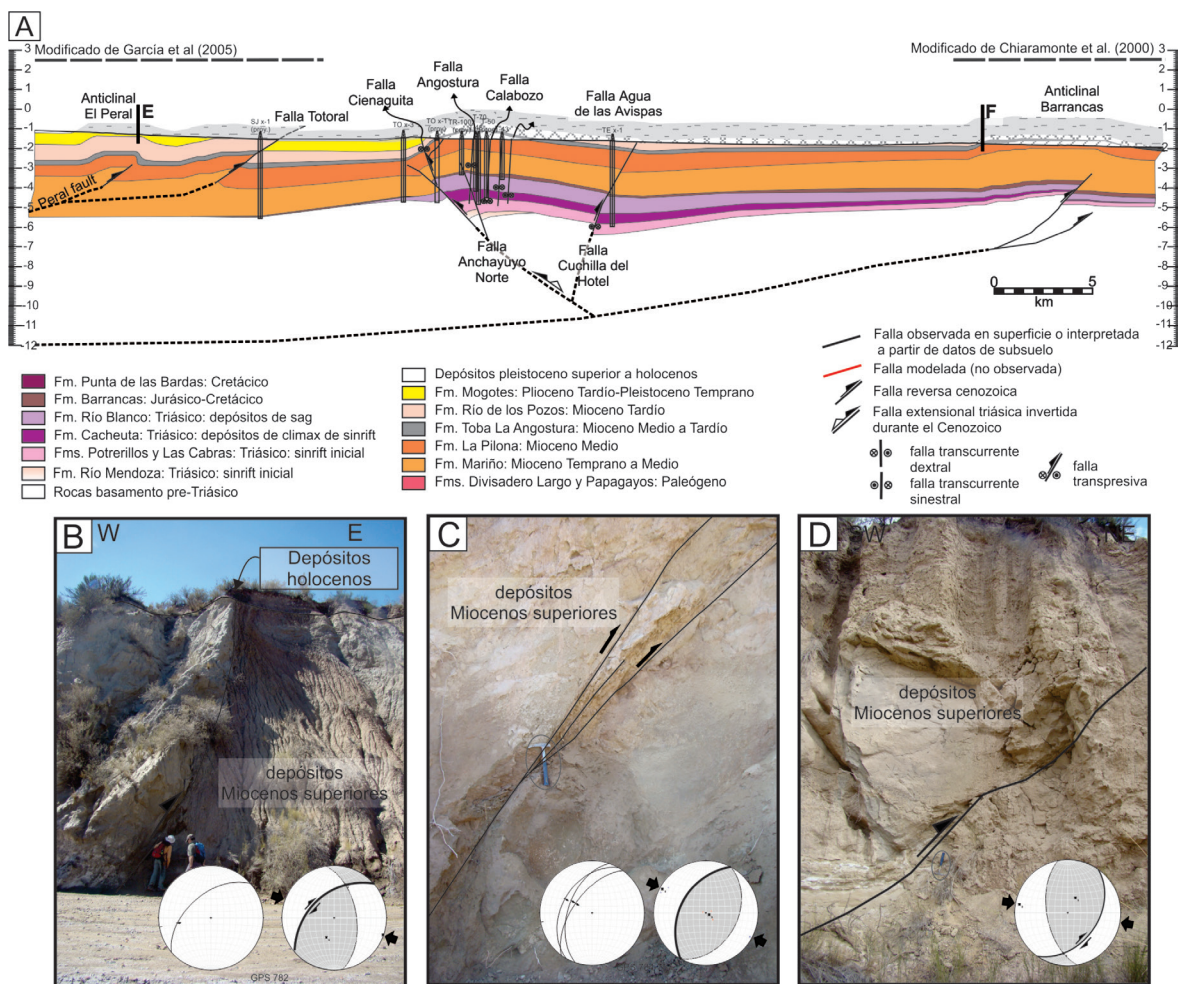


Figura 6. A) Perfil estructural Tupungato. B-D) detalle de fallas subsidiarias a la falla Cienaguita y datos cinemáticos.

En este dominio, la falla Anchayuyo Norte correspondería a una falla de *rift* previa invertida, y sería la responsable del levantamiento topográfico del área de Refugio-Tupungato. Hacia el norte, se interpreta que esta estructura conectaría en subsuelo con la falla Higuerita, que no se habría reactivado durante la deformación cenozoica tardía. En este dominio se desarrolla la falla Cuchilla del Hotel, cuya deformación es interpretada como inverso-sinistral, con la generación de fallas en échelon subparalelas y dispuestas con un ángulo entre 15 y 20° con respecto a la falla en profundidad. Estas fallas en échelon son interpretadas como estructuras de Riedel de movimiento de rumbo con una leve componente contraccional.

El dominio Tupungato al Sur abarca a las áreas Puesto Pozo Cercado oeste y sur, Piedras Coloradas-Estructura Intermedia sur, y Chañares Herrados (Figura 2). Si bien los límites de los dominios son transicionales, el límite septentrional de este dominio correría aproximadamente por

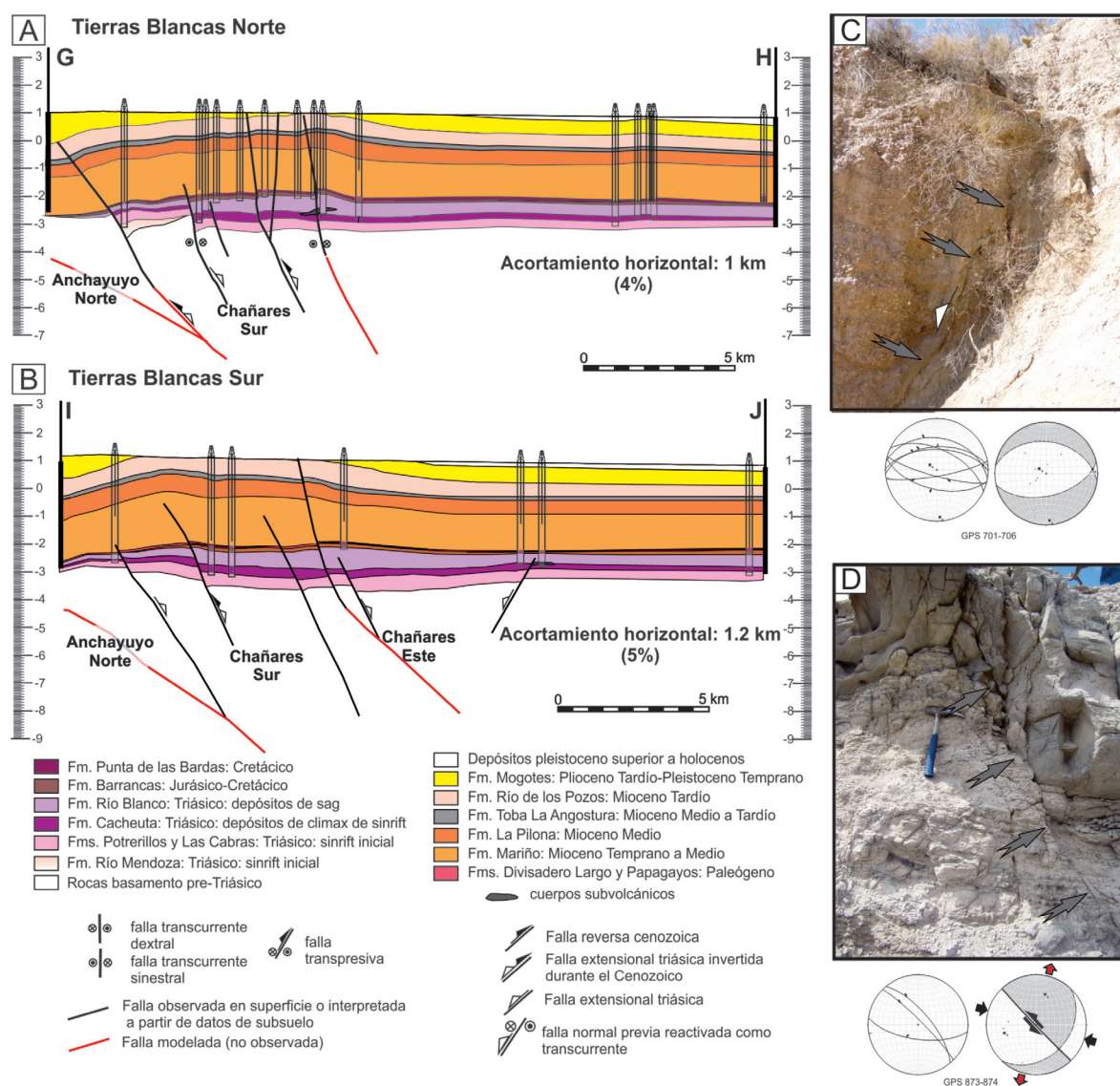


Figura 7. A-B) Perfiles balanceados Tierras Blancas Norte y Tierras Blancas Sur. Ver ubicación en Figura 2. C) Detalle de falla extensional. D) Falla transcurrente/normal.

el límite entre las áreas Tupungato y Piedras Coloradas. En este sector predominan las fallas de alto ángulo ($> 70^\circ$), de rumbo NNO a NO, e inclinación tanto al este como al oeste (Figuras 3 y 7). El movimiento predominante de las mismas es de rumbo. Sin embargo, las de rumbo NO poseen un movimiento secundario extensional, considerándoselas aquí como fallas normal-sinistrales (Figura 7). Asociadas a estas estructuras se observan fallas normales de rumbo E-O a ENE (Figura 7C).

La falla Chañares Sur, interpretada como una falla extensional del *rift* triásico y su antitética, la falla Cruz Negra (Figura 4), se habrían reactivado durante la deformación cenozoica como fallas de rumbo sinestrales. Este movimiento sería el responsable de la generación de los pliegues Piedras Coloradas y Chañares Herrados, cuyo eje posee un rumbo transversal a las estructuras principales, Anchayuyo Norte y Cuchilla del Hotel. Esto habría sido posible a partir de un desacople en la deformación entre las capas triásicas y los depósitos meso-cenozoicos.

MODELADO DINÁMICO

El modelado dinámico se llevó a cabo a partir del análisis de fallas de meso-escala medidas en estaciones distribuidas en la zona bajo estudio (Figura 2). A partir de 96 fallas se obtuvieron 8 tensores de esfuerzos para el Plioceno Tardío al Pleistoceno Medio (Figura 8).

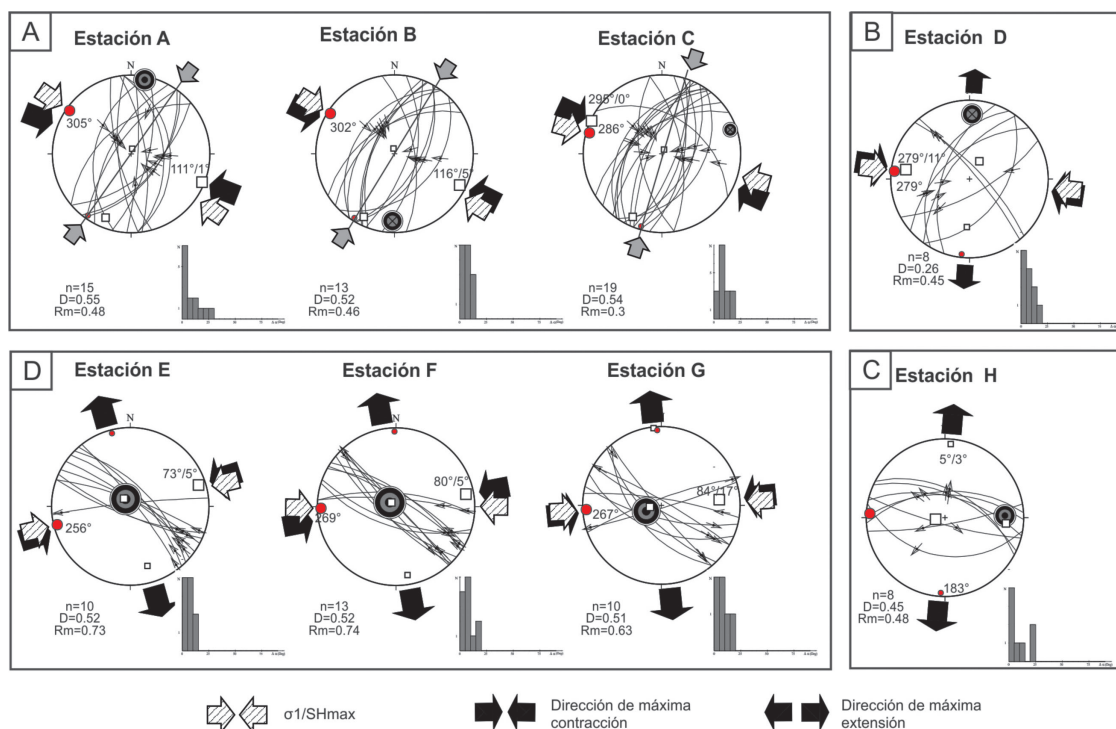
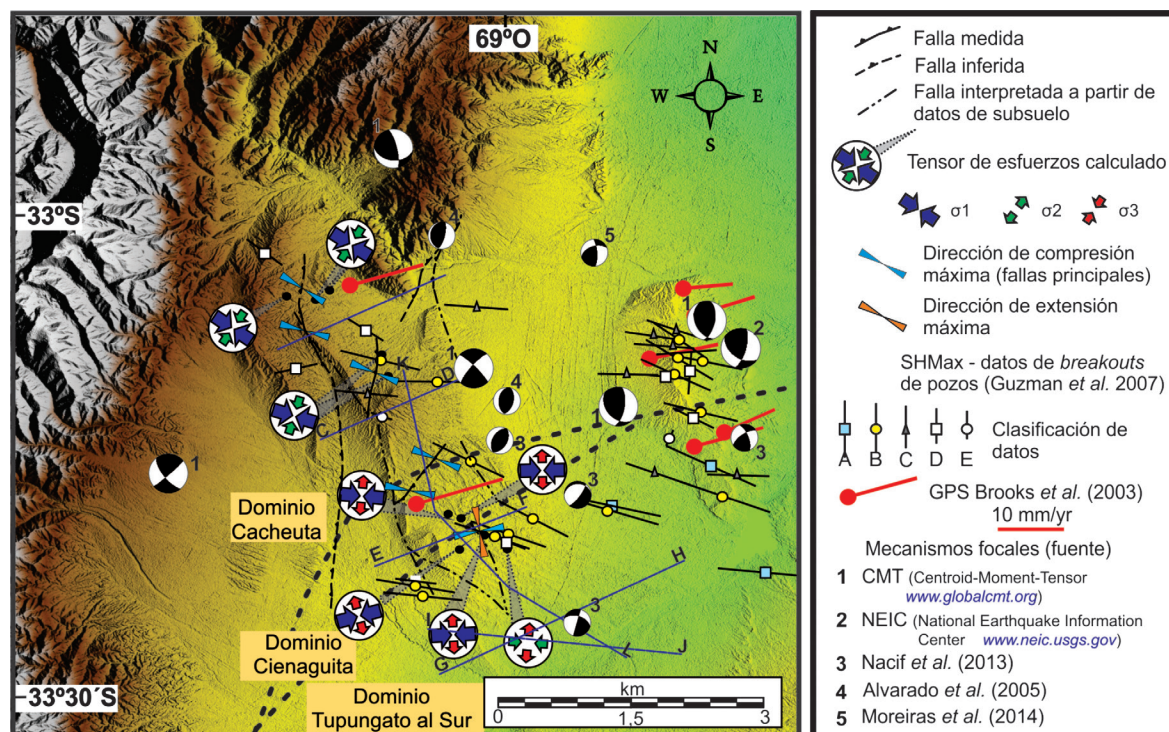


Figura 8. Resultados del análisis cinemáticos y dinámicos obtenido para las distintas estaciones de medición (A-G). Obsérvese ubicación de estaciones en Figura 2. Las rotaciones horarias y antihorarias a lo largo de ejes de macrorotación se indican con el símbolo $\otimes$ y $\odot$ respectivamente. Se muestran los valores del parámetro $D = (\lambda_1 - \lambda_2) / (\lambda_1 - \lambda_3)$, y del parámetro de rotación R_m , que indica la cantidad relativa de rotación.

A partir de los mismos se pudo determinar cuatro estados de esfuerzos para dicho período de deformación: (i) régimen compresivo con dirección ONO-ESE de σ_1 /SHmax (estaciones A, B y C, Figura 8A); (ii) régimen compresivo/transcurrente con dirección ONO de σ_1 /SHmax (estación D, Figura 8B); (iii) régimen transcurrente con dirección N-S de σ_1 /SHmax y dirección E-O de σ_3 /Shmin (estaciones E, F y G, Figura 8C); y (iv) régimen extensional con dirección N-S de σ_3 /Shmin (estación H, Figura 8D). Identificamos una clara distribución espacial para estos cuatro estados de esfuerzos (Figura 9).

En el dominio Cacheuta, los resultados son consistentes con un régimen de esfuerzos compresivo ($S_v = s_3$) local con orientación de σ_1 /SHmax ONO ($Az\ 106-125^\circ$). Una buena coherencia entre los métodos cinemáticos y dinámicos, con menos de 10° de variación entre los ejes principales de los tensores de esfuerzo y deformación, sugieren que las rotaciones verticales, las anisotropías mecánicas y la interferencia entre fallas mayores, no tuvieron un control importante en el sector norte (estaciones B y C). Sin embargo, una variación de 14° entre los ejes principales de deformación y esfuerzo en la estación A, indicando que las rotaciones a lo largo de ejes subhorizontales son importantes, probablemente relacionadas a la proximidad de la estación con la falla La Pilona.



La deformación en el dominio Cienaguita fue convergente oblicua y se habría desarrollado bajo un régimen de esfuerzos compresivo/transcurrente ($S_v = \sigma_3$), con valores absolutos de σ_3 similares a σ_2 . El dominio Tupungato al Sur se caracteriza por una deformación divergente oblicua, con una componente principal de rumbo ($S_v = \sigma_2$) y componente secundaria normal. El régimen de esfuerzos correspondería a un sistema de esfuerzos axiales ($\sigma_1 \gg \sigma_2 = \sigma_3$) con valores absolutos de σ_3 similares a σ_2 . Las fallas principales del dominio son transcurrentes de rumbo NNO a NO levógiras y NE dextrógiras, aunque las primeras predominan considerablemente sobre las segundas. En este dominio, el sistema de fallas acomoda un acortamiento en dirección ENE (Az 73-84°) con rotaciones antihorarias a lo largo de ejes subverticales. La homogeneidad entre los distintos tensores resalta la importancia de un régimen de esfuerzos transcurrentes local en este sector del antepaís andino. En el sector más austral de la región estudiada, fueron obtenidos tensores de esfuerzos transcurrentes y extensionales. Los mismos son consistentes con un único campo de esfuerzos donde ocurrieron permutación de ejes σ_1/σ_2 . El régimen extensional se detectó cerca de la terminación suroriental de la falla Agua de las Avispas (estación H), sugiriendo la interacción especial entre el fallamiento de rumbo y normal en esta localidad. Los valores de $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ son mayormente cercanos a 0,5 tanto en el dominio norte como en el sur, indicando un estado de esfuerzos triaxial puro ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$). En el dominio central, sin embargo, el valor de ϕ es cercano a 0, evidenciando la existencia de un campo de esfuerzos compresivo uniaxial ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$). Esto sugiere una permutación σ_2/σ_3 debido a la tendencia de un cambio progresivo entre un régimen de esfuerzos compresivo en el norte y transcurrente en el sur.

DISCUSIÓN: ¿SE ENCUENTRA LA SUBCUENCA CACHEUTA REALMENTE INVERTIDA TECTÓNICAMENTE?

La interpretación del estilo estructural cenozoico de la cuenca Cuyana ha variado a lo largo del tiempo, desde un estilo de piel fina a inversión tectónica de las estructuras de *rift* triásico. El estilo de piel fina generado a partir de corrimientos mayormente vergentes al este, con despegue dentro de la cobertura sedimentaria paleozoica inferior, sin afectar al basamento cristalino, ha sido propuesto por Bettini (1980), Sarewicz (1988) y Figueroa y Ferraris (1989). Estudios posteriores propusieron un estilo de inversión tectónica de fallas lítricas, considerando que la lineación NNO de las Cerranías Pedemontanas eran producto de la inversión tectónica de las fallas principales de la subcuenca Cacheuta-Tupungato (Legarreta *et al.* 1992; Dellapé y Hegedus, 1995), mostrando un mayor grado de inversión hacia el norte, hasta la región de Potrerillos (Ploszkiewicz 1993).

Trabajos posteriores (Zencich *et al.*, 2005, 2008) proponen un modelo mixto, con fallas creadas nuevas –no invertidas– en el depocentro Cacheuta, producto del avance del frente de deformación de la Cordillera Frontal, que involucraría al basamento cristalino en la deformación, y

un sector de importante inversión tectónica, en los depocentros Tupungato y Chañares Herrados. El análisis realizado en el presente trabajo permite ahondar en la caracterización estructural propuesta por estos autores, proponiendo un modelo mixto, con deformación de piel final y gruesa sin inversión de las fallas maestras en el dominio Cacheuta, inversión tectónica de la falla maestra Anchayuyo Norte en el dominio Cienaguita, y reactivación de fallas previas en forma transcurrente en el dominio Tupungato al sur (Figura 3). El control sobre el estilo estructural y su fuerte variación latitudinal, estaría ejercido por dos fenómenos: (i) distancia entre las estructuras pérmicas de la Cordillera Frontal (Giambiagi *et al.*, 2014) reactivadas durante el avance plioceno de la deformación y las fallas maestras de la cuenca, como sugieren Zencich *et al.* (2005); y (ii) el campo de esfuerzos gobernante durante la estructuración plio-pleistocena de la región.

CONCLUSIONES

En este trabajo se concluye que el área que abarca la subcuenca Cacheuta estaría formada por tres dominios cinemático-dinámicos. El dominio Cacheuta, caracterizado por una deformación producto de un campo de esfuerzos compresivo, con máxima dirección de esfuerzos (σ_1) ONO, que se mantuvo estable durante el período Plio-Cuaternario. En dicho dominio, las estructuras desarrolladas corresponden a fallas contraccionales netas que pierden rechazo de norte a sur (desde 13 a 7 km de acortamiento). Las mismas poseen vergencia oriental y no corresponderían a fallas del *rift* triásico invertidas. El dominio Cienaguita corresponde a una zona de transición entre la zona compresiva al norte y la transcurrente al sur, donde coexisten fallas de rumbo con estructuras de *rift* invertidas como la falla Anchayuyo Norte. Esta última estructura va perdiendo rechazo contraccional desde el norte hacia el sur, hasta la zona del perfil Tierras Blancas Sur donde no se encontraría invertida. Sin embargo, el movimiento de fallas principal en el dominio es convergente oblicuo, como la falla Cienaguita y Cuchilla del Hotel, con componente principal contraccional y de rumbo respectivamente. Esto sugiere la presencia de un campo de esfuerzos cuyo eje de máximo esfuerzo compresivo tendría una dirección ONO, al igual que el dominio Cacheuta, pero la magnitud del esfuerzo intermedio (σ_2) sería menor, y similar a la magnitud del esfuerzo mínimo vertical (σ_3). En el dominio Tupungato al Sur, no se registraron estructuras contraccionales, prevaleciendo las de rumbo, con estructuras de movimiento divergente oblicuo y extensionales de menor escala subordinadas en algunos sectores. En este dominio, la falla Chañares Sur de rumbo NO, que controló la depositación de las capas de la Formación Cacheuta a partir de un movimiento normal puro, fue invertida durante el Cenozoico como una falla de rumbo. Esto indica la presencia de un campo de esfuerzos transcurrente ($H_v = \sigma_2$) con una dirección de esfuerzos máximos (σ_1) ONO y una dirección de esfuerzos mínimos (σ_3) NNE.

Por otro lado, los resultados del análisis dinámico de esta zona indican que la deformación

en el antepaís en la zona de transición entre un segmento de subducción subhorizontal y otro de subducción normal, está marcada por un rápido cambio en el estilo estructural de norte a sur y por un cambio espacial en el campo de esfuerzos Plio-Cuaternario. El estilo estructural varía desde un estilo de piel gruesa con el desarrollo de fallas nuevas en el sector norte, esencialmente controladas por el avance del frente de deformación durante el Plioceno, a un estilo de deformación caracterizado por la inversión de fallas normales pre-existentes en el sector sur con la reactivación convergente oblicua de la falla maestra del hemigraben Tupungato y la reactivación como fallas de rumbo puras de las fallas normales pre-existentes Chañares Sur y Cruz Negra.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa Petrolera El Trebol S.A. la autorización para publicar los resultados parciales del STAN-CONICET “Caracterización estructural del área Tupungato con enfoque en la Formación Cacheuta” realizado para la empresa durante el año.

REFERENCIAS CITADAS

- Alvarado, P., Beck, S., Zandt, G., Araujo, M. y Triep E., 2005. Crustal deformation in the south central Andes backarc terranes as viewed from regional broadband seismic waveform modeling. *Geophysical Journal International* 60(2), 580-598.
- Ávila, J.N., Chemale, F. Mallmann, G. Borba, A.W. y Luft F.F., 2005. Thermal evolution of inverted basins: Constraints from apatite fission track thermochronology in the Cuyo Basin, Argentine Precordillera. *Rad. Measurem.* 39, 603-611.
- Bettini, F.H., 1980. Nuevos conceptos tectónicos del centro y borde occidental de la Cuenca Cuyana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35, 579-581.
- Cahill, T. y Isacks, B. L., 1992. Seismicity and Shape of the Subducted Nazca Plate. *Journal of Geophysical Research* 97, 17503-17529.
- Chiaromonte, L., Ramos, V. A. y Araujo M., 2000. Estructura y sismotectónica del anticlinal Barrancas, Cuenca Cuyana, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55, 309-336.
- Criado Roqué, P., Rolleri, E., De Ferraris, C., Simonato, I., Suero, A. y Suero, T., 1960. Cuencas sedimentarias de la Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras, Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, 320, 62-95.
- Dellapé, D. y Hegedus A., 1995. Structural inversion and oil occurrence in the Cuyo basin of Argentina, en Tankard, A. J., Suárez, R., y Welsink, H. J. (Eds): *Petroleum basins of South American*, AAPG Memoir 62, 359-367.
- Figueroa, D.E. y Ferraris, O.R., 1989. Estructura del margen oriental de la Precordillera mendocino-sanjuanina. *Primer Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos* 1, 515-529.

- García, V.H. y Casa, A.L., en prensa. Quaternary tectonics and potential seismic hazard of the Andean retrowedge between 33° and 34°S, Geological Society of London, Special Publication 399 “Geodynamic Processes in the Andes of Central Chile and Argentina”, Sepúlveda, S., Giambiagi, L., Moreiras, S.M., Pinto, L., Tunik, M., Hoke, G. y Farías, M. (Eds). Doi 10.1144/SP399.
- García, V.H., Cristallini, E. Cortés, J.M. y Rodríguez M.C., 2005. Structure and neotectonics of Jaboncillo and del Peral anticlines. New evidences of Pleistocene to Holocene deformation in the Andean piedmont. VI International Symposium of Andean Geodynamics, Actas 1, 301-304, Toulouse, France.
- Giambiagi, L. y Moreiras, S.M., 2012. Caracterización estructural del área Tupungato con enfoque en la Formación Cacheuta. Informe inédito Petrolera El Trebol S.A., 85 pp.
- Giambiagi, L., V.A. Ramos, E. Godoy, P.P. Álvarez, and S. Orts (2003). Cenozoic deformation and tectonic style of the Andes, between 33° and 34° South Latitude, Tectonics, 22(4), 1041, doi:10.1029/2001TC001354.
- Giambiagi, L., Mescua, J. Heredia, N. Farías, P. García Sansegundo, J. Fernández, C. Stier, S., Pérez, D., Bechis, F., Moreiras, S.M. y Lossada, A. en prensa. Reactivation of Paleozoic structures during Cenozoic deformation in the Cordón del Plata and Southern Precordillera ranges (Mendoza, Argentina), Iberian Geology 40(2), 309-320.
- Gómez, G. y Stahlschmidt, E.H., 2014. Facies piroclásticas en la Formación Río Blanco, depocentro Tupungato, Cuenca Cuyana. Este congreso.
- Guzmán, C., Cristallini, E. y Bottesi, G., 2007. Contemporary stress orientations in the Andean retroarc between 34°S and 39°S from borehole breakout analysis. Tectonics 26, TC3016, doi:10.1029/2006TC001958.
- Hoke, G., Graber, N. Mescua, J. Giambiagi, L. Fitzgerald, P. y Metcalf, J., en prensa. Near pure surface uplift of the Argentine Frontal Cordillera: Insights from (U-Th)/He thermochronology and geomorphic analysis. Geological Society of London, Special Publication 399 “Geodynamic Processes in the Andes of Central Chile and Argentina” Sepúlveda, S., Giambiagi, L., Moreiras, S.M., Pinto, L., Tunik, M., Hoke, G. y Farías, M. (Eds).. Doi 10.1144/SP399.4.
- Irigoyen, M.V., Buchan, K.L. y Brown, R.L., 2000. Magnetostratigraphy of Neogene Andean foreland-basin strata, lat 33°S, Mendoza Province, Argentina. Geological Society of America Bulletin 112, 803–816.
- Jordan, T. E., Isacks, B. L. Allmendinger, R. W. Brewer, J. A. Ramos, V. A. y Ando C. J., 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. Geological Society of America Bulletin 94, 341-361.
- Kokogian, D.A. y Mancilla, O.H., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la cuenca Cuyana, En Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds): Cuencas Sedimentarias Argentinas, pp. 169, 201, Universidad Nacional de Tucumán, Serie de correlación Geológica 6.
- Kokogian, D.A., Fernández Seveso, F. y Mosquera, A., 1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. Actas 12° Congreso Geológico Argentino pp. 65-78, Mendoza, Argentina.
- Legarreta, L., Kokogian, D.A. y Dellapé D.A., 1992. Estructuración terciaria de la Cuenca Cuyana: ¿Cuánto de inversión tectónica?, Revista de la Asociación Geológica Argentina 47, 83-86.

- Marrett, R. y Allmendinger, R.W., 1990. Kinematic análisis of fault-slip data, *Journal of Structural Geology* 12, 973-986.
- Moratello, J.H., 1993. Cuenca Cuyana. *Actas 12° Congreso Geológico Argentino*, pp. 367-375, Mendoza, Argentina.
- Moreiras, S.M., Giambiagi, L., Spagnotto, S., Nacif, S., Mescua, J. y Toural Dapoza, R., 2014. El frente orogénico activo de los Andes Centrales a la latitud de la ciudad de Mendoza (32°50'-33°S). *Andean Geology* 41(2), 342-361.
- Mpodozis, C., y Ramos, V.A., 1989. The Andes of Chile and Argentina, in Ericksen, G.E., Cañas, M.T., y Reinemund, J.A., eds., *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Sciences Series* 11, 45-90.
- Nacif, S., Triep, E. Furlani, R. y Spagnotto, S., 2013. Stripe of normal mechanisms for crustal earthquakes $M \leq 3.5$ flanking the western side of the thrust front zone in the Andes backarc, *Natural Sciences* 5(8), 18-22.
- Ploszkiewicz, J.V., 1993. Yacimiento Tupungato. *Relatorio XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 391-396.
- Sarewitz, D., 1988. High rates of late Cenozoic crustal shortening in the Andean foreland, Mendoza Province, Argentina. *Geology* 16, 1138-1142.
- Spalletti, L.A., Fanning, C.M. y Rapela, C., 2008. Dating the Triassic continental *rift* in the southern Andes: the Potrerillos Formation, Cuyo Basin, Argentina. *Geologica Acta* 6, 267-283.
- Stahlschmidt, E., 1985. Geología del Braquianticlinal de la Cienaguita. Mapa Inédito. Petrolera San Jorge.
- Tassara, A. y Echaurren, A., 2012. Anatomy of the Andean subduction zone: three-dimensional density model upgraded and compared against global-scale models. *Geophysical Journal International* 189, 161-168.
- Uliana, M., Arteaga, M., Legarreta, L., Cerdán, J. y Peroni, G., 1995. Inversion structures and hydrocarbon occurrence in Argentina, en Buchanan, J.G. y Buchanan, P.G. (Eds): *Basin Inversion*, pp. 211-233. Geological Society Special Publication 88, London, England.
- Zavattieri, A.M., y Prámpano, M.B., 2006. Freshwater algae from the Upper Triassic Cuyana basin of Argentina: Palaeoenvironmental implications, *Palaeontol* 49, 1185-1209.
- Zencich, S., Calegari, R., Scolari, J.C., Posse, J., Gómez, G., Bogetti, D. y Manceda, R., 1995. Trampas de hidrocarburos en la cuenca Cuyana. En Koslowki, E., Vergani, G. y Boll, A. (Eds): *Simpósio Las trampas de Hidrocarburos en las cuencas productivas de Argentina. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, IAPG, p. 93-110.
- Zencich, S., Villar, H.J. y Boggetti, D., 2008. Sistema petrolero Cacheuta-Barrancas de la Cuenca Cuyana, provincial de Mendoza, Argentina. En Cruz, C., Rodríguez, J., Hechen, J. y Villar, H.J. (Eds): *Sistemas Petroleros de las Cuencas Andinas. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*: 109-134.