

FALLAS CUATERNARIAS CON VERGENCIAS OPUESTAS ENTRE PRECORDILLERA CENTRAL Y ORIENTAL, PROVINCIA DE SAN JUAN

Laura PERUCCA^{1,2}, Franck AUDEMARD³, Ana PANTANO³, Horacio VARGAS⁴, Carlos AVILA¹, María ONORATO¹, Gabriela LARA^{1,2} y María ESPER^{1,2}

¹Gabinete de Neotectónica y Geomorfología. INGENIO-Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de La Roza y Meglioli 5400-San Juan. E-mail: lperucca@unsj-cuim.edu.ar.

²CONICET

³Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas -FUNVISIS-, Dpto. Ciencias de la Tierra, Caracas, Venezuela

⁴Chisñanco SRL

RESUMEN

Se describen en este trabajo numerosas deformaciones cuaternarias presentes en el relleno sedimentario de la depresión longitudinal Matagusanos-Maradona-Acequiión, ubicada entre la Precordillera Central y Oriental, en la provincia de San Juan, en el centro-oeste argentino. Esta depresión está surcada por estructuras frágiles submeridianas, afectando a depósitos aluviales pleistocenos y holocenos, y están organizadas según dos sistemas con vergencias opuestas: uno con vergencia oriental y estilo de piel fina, a semejanza de la Precordillera Central, y otro convergencia occidental y piel gruesa, como el de Precordillera Oriental, hecho que manifestaría la presencia de una zona triangular de piel gruesa. Este arreglo estructural se manifiesta prácticamente a lo largo de toda la depresión analizada, variando sin embargo, la posición del eje de dicha zona triangular hacia el este o el oeste.

Palabras clave: *Precordillera, San Juan, zona triangular, depresión Matagusanos-Maradona-Acequiión*

ABSTRACT

Quaternary faults with opposite vergency between Central and Western Precordillera, San Juan province

We herein present numerous evidence of Quaternary deformation within the fill of the Matagusanos-Maradona-Acequiión depression, located between the Precordillera Central and Oriental, in the San Juan province of central-western Argentina. The Pleistocene-Holocene alluvial fill of this depression is crosscut by north-south trending thrust faults, arranged in two major trends of opposite vergency: a thin-skinned east verging one, very similar to the Precordillera Central style of deformation, and a second basement-involved west-verging one, resembling the structural style of the Precordillera Oriental, fact indicating the presence of a thick-skinned triangle zone. This structural configuration is present along most of this tectonic depression, although varying the position of the axis of this triangular area to the east and west.

Keywords: *Precordillera, San Juan, triangular zone, Matagusanos-Maradona-Acequiión depression*

MARCO GEOLÓGICO

La provincia geológica Precordillera es una faja plegada y corrida ubicada al este de la cordillera de los Andes, constituida por rocas sedimentarias paleozoicas afectadas por la subducción subhorizontal de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana. Esto determinó la migración del frente orogénico, la ausencia de volcanismo, la intensa sismicidad de intraplaca y la actividad tectónica durante el Cuaternario, ubicada

principalmente en el frente orogénico (Ramos *et al.* 1997). Esta provincia geológica se divide en Occidental, Central y Oriental a partir de sus características litológicas, edad y estilo de deformación, siguiendo la división propuesta por Heim (1952), Baldi y Chebli (1969) y Ortiz y Zambrano (1981), entre otros autores. Al sur de los 31° 30' y, sobre la base de su historia geológica y rasgos morfoestructurales distintivos, Cortés *et al.* (2005) reconocieron además la Precordillera Sur.

El sector analizado se ubica en la zona de transición entre los ambientes tectónicos de Precordillera Oriental y Precordillera Central. El área de estudio se ubica en el sector centro-sur de la provincia de San Juan, a escasos kilómetros al oeste de la ciudad de San Juan. Corresponde a una depresión elongada en sentido N-S, con una longitud aproximada de 120 km desde la localidad de Tucunuco por el norte hasta el río de los Pozos por el sur y un ancho que varía entre 5 km en su porción central

(valle de Zonda) y 25 km en Matagusanos y en el área de Maradona. Por el este se encuentra limitada por los cordones montañosos Villicum, Marquesado, Zonda, cerro Pedernal-cerro Los Pozos (Precordillera Oriental) y por el oeste por las sierras de La Dehesa, cerro Zonda, sierra Alta de Zonda, cordón de Las Osamentas, cordón Santa Clara y pequeñas lomadas y serranías (Precordillera Central) (Fig. 1).

La Precordillera Oriental posee estructuras con vergencia occidental (Ortiz y Zambraño 1981), controladas por fábricas de basamento que inclinan al este y por un nivel de despegue profundo (Zapata y Allmendinger 1996). Las estructuras cortan pero no exponen basamento siendo el mecanismo de deformación de tipo piel gruesa y similar al de Sierras Pampeanas (Ortiz y Zambraño 1981, Allmendinger *et al.* 1990). En el área montañosa afloran rocas carbonáticas de edad cambro-ordovícica, y sedimentitas neógenas constituidas por potentes niveles de conglomerados, areniscas y pelitas. Los depósitos del Neógeno tardío están constituidos por fanglomerados aluviales con niveles de pedimentación y depósitos de remoción en masa. Se destacan los depósitos aluviales y coluviales del Pleistoceno-Holoceno y depósitos finos de barreal y lacustres principalmente reconocidos en el extremo sur de la depresión, en el área Acequión (Fig. 1). Los depósitos finos más antiguos fueron datados en este trabajo por C^{14} , arrojando una edad de 37.250 ± 2.200 años AP. Un nivel fino más reciente ubicada aguas abajo de la quebrada del río Acequión proporcionó una edad 7.497 ± 157 AP. En estos niveles finos fueron reconocidas numerosas fallas con vergencias opuestas, pliegues y diversas estructuras paleosísmicas (Paredes y Perucca, 2000; Perucca *et al.* 2009; Perucca *et al.* 2011).

El sector montañoso correspondiente a Precordillera Central se caracteriza de norte a sur, por la presencia de calizas y margas del Ordovícico, grauvacas y lutitas de edad devónica y depósitos continentales fluviales con intercalaciones marinas del Carbonífero. Es una faja de naturaleza epidérmica y vergencia oriental, con ángulos de inclinación entre 20° y 30° al oeste (Zapata y Allmendinger 1996). Como unidades del Cuaternario se reconocen

depósitos aluviales y coluviales y niveles finos de barreal, generalmente asociados a escarpas a contrapendiente que generaron represamientos temporales como en el caso de los ubicados en el área de Blanquitos en la depresión de Matagusanos (Paredes y Perucca 2000).

De acuerdo con Zapata y Allmendinger (1996), la interacción entre corrimientos con vergencias opuestas durante el Cenozoico, una hacia el este de tipo Andina y otra hacia el oeste de tipo Pampeana, favorecieron el desarrollo de una zona triangular de piel gruesa. La formación de esta zona triangular habría comenzado después de los 2.7 Ma cuando comenzó a formarse el sistema deformacional de piel gruesa de la Precordillera Oriental. Estos autores analizaron el sector norte de la depresión ($30^\circ S$) mediante el uso de perfiles estructurales balanceados con estratos de crecimiento controlados por la geología de superficie, además de la información suministrada por líneas sísmicas. Las evidencias de fallamiento cuaternario reconocidas a lo largo de toda la depresión tectónica Matagusanos-Maradona-Acequión son consistentes con esta estructuración, por lo que indicarían que esta situación se habría mantenido durante el Pleistoceno y hasta al menos el Holoceno inferior.

METODOLOGÍA

En este trabajo se efectuó un análisis de la depresión a escala regional, a través de la utilización de imágenes satelitales de diferente resolución y fotografías aéreas a escala 1:20.000 a 1:50.000. Esto se complementó con la ejecución de trabajos de campo, los cuales consistieron en observaciones geomorfológicas apoyadas por análisis de trincheras naturales para reconocer la cinemática y edad de las fallas. Las muestras con contenido de materia orgánica o carbonatos fueron datadas por C_{14} en el laboratorio de tritio y radiocarbono (LATYR-CONICET) y por espectrometría de masas con aceleradores (EMA) por el laboratorio Beta Analytic (USA)

ANTECEDENTES

En el área occidental del bolsón de Matagusanos, Paredes y Perucca (2000) identifi-

caron fallas con estilo tectónico consistente con Precordillera Oriental, inversas e inclinación al este con alto ángulo en superficie. Costa *et al.* (1999) interpretaron un mecanismo flexo-deslizante para estas fallas. En el borde oriental de la sierra de la Dehesa, Bastías (1986) ubicó la falla La Dehesa, con vergencia oriental e inclinación al oeste.

Al sureste de la depresión de Matagusanos, entre las sierras de Villicum y Marquesado, se destaca la falla que bordea las Lomas de Las Tapias, con evidencias de actividad tectónica holocena (Siame *et al.* 2006). Esta falla posee vergencia occidental e inclina al este.

En la depresión de Maradona, Bastías (1986) identificó la falla del mismo nombre, en el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas, con vergencia oriental. Perucca (1990) y Moreiras y Banchig (2008) describieron algunas de sus características principales.

Uliarte *et al.* (1987) identificaron al sur del río de La Flecha la falla inversa El Mocho y mencionaron fallas subparalelas a la principal. Al sur del río de La Flecha, Perucca *et al.* (2009) reconocieron fallas cuaternarias inversas con vergencias opuestas, ubicadas a escasos metros unas de otras. Por el este, identificaron fallas subparalelas a las que denominaron Sistema de falla El Mocho con vergencia occidental y por el oeste la falla Cerro La Chilca (vergenza al este), ubicada entre los cerros Bachongo y Punta del Cerro por el oeste y el cerro La Flecha-Loma Redonda por el este, en las proximidades del Puesto La Chilca y que se extiende por el sur hasta las proximidades del río del Agua. Perucca y Onorato (2011) señalaron una zona triangular en el sector occidental de la depresión al sur del río de La Flecha. Perucca y Ruiz (2013) realizaron una interpretación de la zona triangular en el área del río de La Flecha a través de un modelo 2D, combinando un perfil de densidad (modelo gravimétrico) y una sección estructural balanceada basada en un perfil sísmico en el área ubicada al norte del río del Agua (Giampaoli y Cegarra 2003).

En las proximidades del río del Agua, Giampaoli y Cegarra (2003) interpretaron para las estructuras aflorantes, un mecanismo de evolución de la deformación según una secuencia de fallamiento inverso hacia el antepaís de las láminas de corrimiento

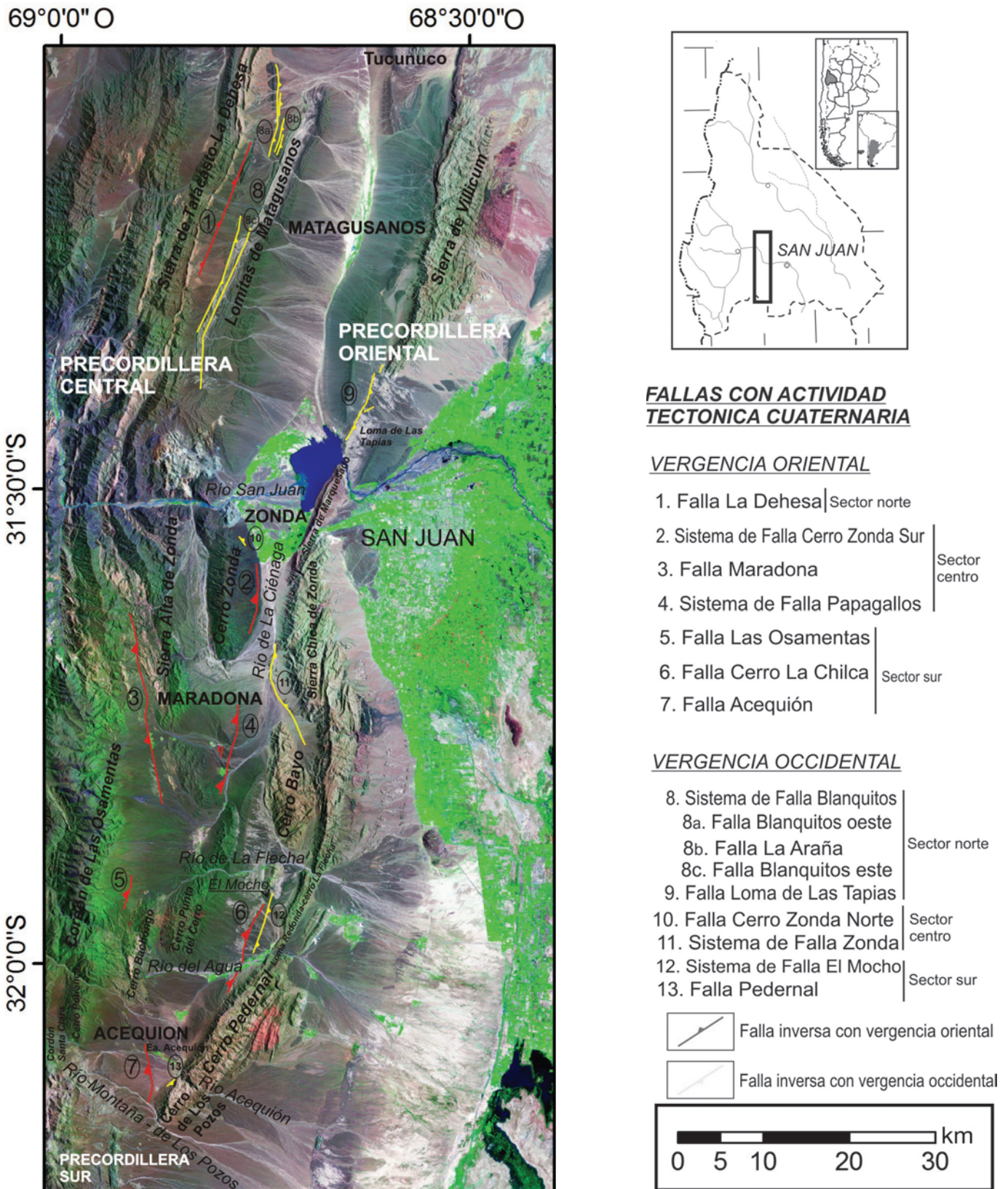


Figura 1: a) mapa de ubicación del área de estudio. Fallas con actividad tectónica cuaternaria con vergencia oriental y occidental a lo largo de la depresión Matagusanos-Maradona-Acequión.

principales. El bloque colgante de cada una de estas láminas se deformaría internamente por cizalla flexural a medida que se propaga el corrimiento, transportando y repliegando a las láminas de corrimiento previas durante el proceso.

Al sur del río del Agua, Perucca *et al.* (2011) reconocieron la prolongación sur de la denominada falla Cerro La Chilca con vergencia al este, siendo la estructura más oriental perteneciente a este sistema de corrimientos. Señalaron que las evidencias estructurales reconocidas en el sector indicarían que la mayor parte del desplazamiento cuaternario al sur del río del Agua habría sido concentrada por los corrimientos del tipo andino, encontrándose la zona triangular prácticamente sobre el flanco occidental de la sierra de Pedernal.

Al sur del río de Los Pozos, Ahumada y Costa (2009) y Ahumada (2010) también identificaron una zona triangular en la región donde interactúa la Precordillera Oriental, Central y Sur. Señalaron que al norte de los 32°S, la deformación cuaternaria se refleja en corrimientos con vergencia al oeste y rumbo NNE, pertenecientes a la Precordillera Oriental, mientras que al sur de 32°S, predominan los corrimientos con vergencia al este y rumbo NNO relacionados con la Precordillera Sur. Según estos autores, este arreglo en las estructuras determina una superposición entre los corrimientos antitéticos, donde se transfiere el desplazamiento cuaternario de un sistema al otro.

Por otra parte, Vergés *et al.* (2007) interpretaron los afloramientos precámbricos del cerro Salinas en la Precordillera Oriental como producto de una cuña cortical de bajo ángulo, cuya falla principal correspondería a un retrocorrimiento de dicha cuña.

ESTRUCTURAS ANALIZADAS

Se describen brevemente las evidencias de deformación cuaternaria con vergencia oriental u occidental reconocidas en la depresión Matagusanos-Maradona-Acequiión de norte a sur, dividiéndola en tres áreas principales: Sector norte o Matagusanos-Río San Juan, sector centro o Maradona-Río de La Flecha y sector sur o Río de la Flecha-Acequiión (Fig. 1).

Sector norte o Matagusanos-Río San Juan

Las principales estructuras cuaternarias reconocidas en este tramo se ubican en su porción occidental.

Fallas con vergencia oriental

En el piedemonte oriental de la sierra de Talacasto-La Dehesa, se ubica la falla La Dehesa (Bastías 1986), con vergencia andina y una longitud aproximada de 20 km (Fig. 1). La falla afecta los niveles aluviales cuaternarios provenientes de esta sierra, con escarpa al este, azimut 28° e inclinación 60° O (Fig. 2a). Coloca sedimentitas neógenas sobre depósitos aluviales con barniz del desierto asignados en este trabajo al Pleistoceno.

Fallas con vergencia occidental

A menos de 3 km al este de la falla La Dehesa se ubica el área de fallamiento Blanquitos (Paredes *et al.* 1996) (Fig. 1), con fallas subparalelas de rumbo sub-meridiano y vergencia occidental que afectan los abanicos aluviales provenientes del sector oeste, los cuales se encuentran fuertemente perturbados por la tectónica moderna, con cauces muy incididos, patrón de drenaje en rastrillo (*broom-shaped river pattern*) pendientes aluviales basculadas y vertientes alineadas.

La falla Blanquitos oeste posee variadas y notables evidencias de actividad tectónica moderna. El azimut de esta falla es 10° e inclina 70° E (Fig. 2b). Paredes y Perucca (2000) dataron un nivel de travertino ubicado en el plano de la falla que arrojó una edad de 28.422 ± 1.335 AP, encontrando evidencias de reactivación posteriores al establecimiento de este banco, lo que sugiere actividad durante el Pleistoceno tardío. Paralela a esta falla ubicaron la falla La Araña, con el bloque oriental elevado y escarpa a contrapendiente. La falla, de azimut 15°, coloca sedimentitas de edad pleistocena inferior sobre depósitos asignados al Pleistoceno tardío e inclina 75° E (Fig. 2c). Hacia el norte, se ubican pequeñas lomadas cuyo flanco oriental se encuentra afectado por dos fallas sub-meridianas de buzamiento al este, con escarpa a contrapendiente, que colocan sedimentitas neógenas sobre depósitos aluviales también pleistocenos. La falla ubicada más al este posee un azimut 5°, e inclina 40° E, y la occidental tiene un azimut 10° (Paredes y Perucca 2000).

La falla Blanquitos este se ubica en la porción central de las Lomitas de Matagusanos. En la quebrada de Los Algarrobos se reconoció en una trinchera natural, sedimentitas neógenas sobre depósitos aluviales de posible edad pleistocena, con pátina del desierto en su superficie. El azimut de la falla es 200° e inclina entre 40° y 60° E (Fig. 2d). Se reconocieron estrías sobre el plano de falla con un pitch de 77° NE, indicando una componente de rumbo dextral.

En la porción suroriental de la depresión de Matagusanos, al norte del río San Juan, se destaca la falla Loma de Las Tapias, de vergencia occidental y escarpa al oeste, cuya longitud alcanza los 9 km, con azimut entre 175° y 200°, sobreponiendo sedimentitas neógenas sobre depósitos aluviales del Pleistoceno tardío. Estos niveles han sido correlacionados con niveles aluviales, dados por ¹⁰Be por Siame *et al.* (2002, 2006), ubicados entre ambas trincheras analizadas en este trabajo, quienes determinaron una edad de 18.700 ± 800 AP. En el extremo norte de la falla se reconoció una trinchera natural donde la falla posee un azimut de 200° e inclinación 80° E (Fig. 2e). En el extremo sur, la falla posee un azimut de 175°, con una inclinación de 80° E (Fig. 2f) y estrías con un pitch de 78° NE, lo que sugiere una componente de rumbo dextral.

Sector centro o Maradona-Río de La Flecha

En este tramo se identificaron fallas con actividad tectónica cuaternaria en ambos piedemontes de los cordones montañosos que limitan la depresión.

Fallas con vergencia oriental

En el flanco oriental del cerro Zonda, se ubica el sistema de falla Cerro Zonda Sur, inversa con escarpa al este y vergencia oriental (Fig. 1). Su azimut es 170° y sobrepone sedimentitas verdosas del Devónico sobre depósitos aluviales del Pleistoceno tardío con ángulos que varían entre 15° y 50° O (Fig. 3a). La datación de un nivel de carbonatos en el plano de la falla ubicado en una trinchera natural, arrojó una edad pleistocena tardía (34.800 ± 1.180 AP). Es necesario aclarar que los carbonatos constituyen muestras problemáticas para datación debido a su movilidad, por lo que esta edad debe ser refrendada con otras dataciones. Srdoc *et al.* (1994) y Horvatincic *et al.*

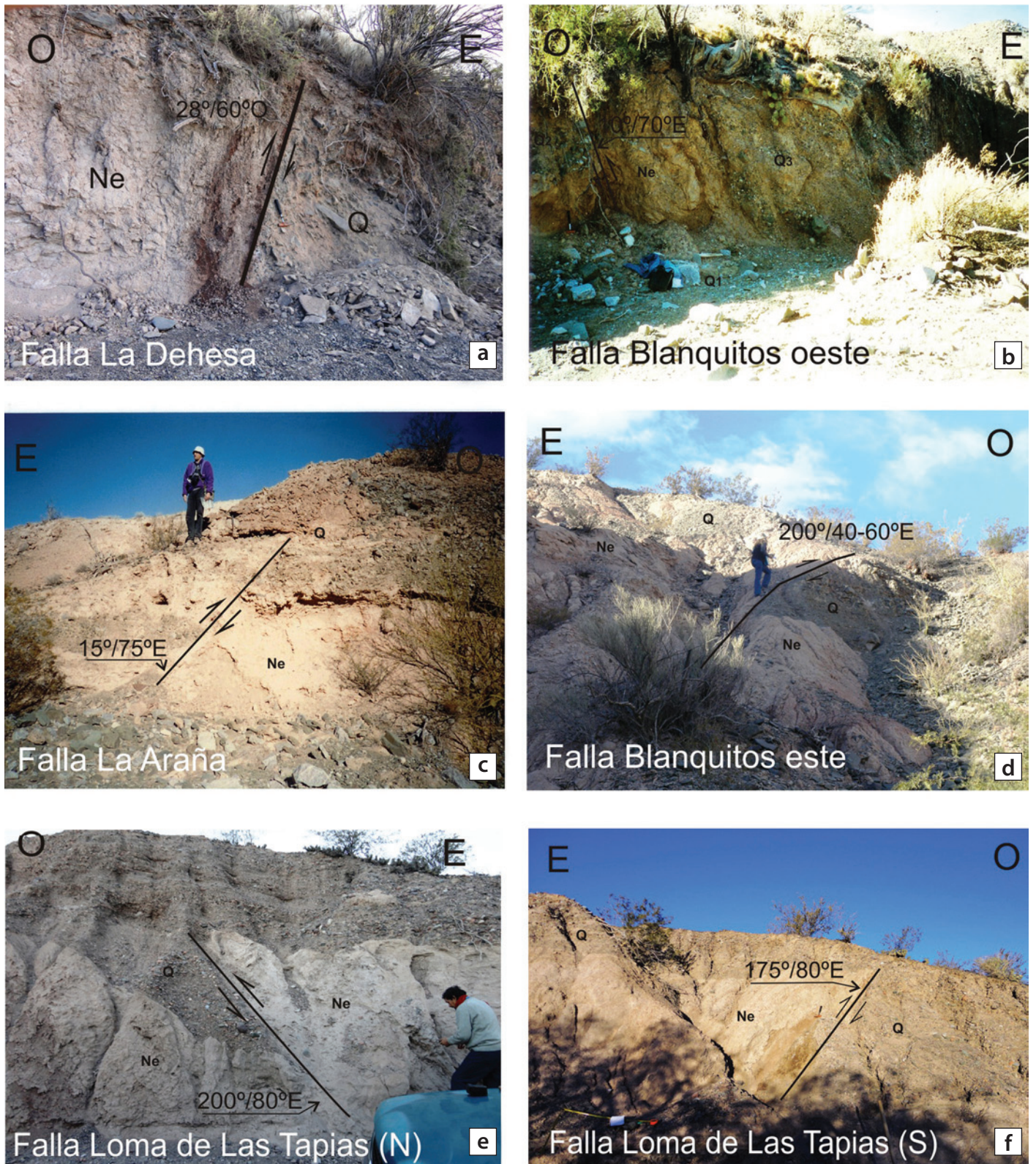


Figura 2: sector norte, Matagusanos-río San Juan a) Falla La Dehesa con vergencia oriental, con sedimentitas neógenas (Ne) sobre depósitos aluviales cuaternarios (Q) b) Falla Blanquitos oeste, con vergencia occidental, con sedimentitas neógenas (Ne) sobre sedimentos aluviales cuaternarios (Q) c) Falla La Araña (vergenza occidental), d) Falla Blanquitos este, que afecta el Neógeno (Ne) y Cuaternario (Q) e) extremo norte de la falla Las Tapias (inversa con vergencia occidental), con sedimentitas del Neógeno (Ne) sobre Cuaternario (Q) f) extremo sur falla Las Tapias.

(2000) señalan que la presencia de carbono de origen geológico puede hacer que la edad aparente de una muestra sea considerablemente mayor que la edad real (momento en que se precipitó el carbonato), por lo que los resultados obtenidos en este trabajo permitirían asignar una edad por lo menos pleistocena tardía para la falla.

En el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas se ubica la falla Maradona, inversa, con escarpa al este (Fig. 1) y vergencia oriental, cuya longitud es de aproximadamente 30 km, con azimut 170°, e inclinación 45° O. La falla afecta los niveles aluviales asignados en este trabajo al Pleistoceno por la presencia de barniz del desierto (Fig. 3b) y también una terraza de posible edad holocena.

Al este de la falla Maradona, se ubicaron fallas inversas paralelas, con escarpas al este, vergencia oriental y rumbo sub-meridional, denominadas Sistema de falla Papagallos. La falla más occidental posee un azimut 175°, inclina 15° a 20° O y afecta una secuencia de abanico aluvial pleistocena de 20 m de espesor y depósitos finos originados por ascenso y posible endicamiento de aguas subterráneas (Fig. 3c). A sólo metros al este de esta falla, se ubica una falla de azimut 200° que inclina 25° NO. Se reconocieron en el plano de la falla, estrías cuyo pitch es 35° NO, lo que indicaría una componente de rumbo dextral. Por encima de los depósitos fanglomeráticos se ubican depósitos finos afectados por ambas fallas, en los que fue datado un nivel de tosca originado en la superficie por evaporación de las aguas subterráneas ascendidas por capilaridad, que arrojó una edad de 22.420 ± 390 años AP (Pleistoceno superior), considerándose ésta como la edad mínima de la falla, si bien esta edad debe ser verificada con otras dataciones.

Fallas con vergencia occidental

En el flanco nororiental del cerro Zonda se ubica el sistema de Falla Cerro Zonda Norte. En el tramo norte de esta falla con escarpa compuesta a contrapendiente (Fig. 3d) y vergencia al oeste, se estudió una trinchera natural en la que se pudo apreciar sedimentitas neógenas que suprayacen los depósitos aluviales asignados en este trabajo al Pleistoceno, a través de una falla inversa de azimut 140° que inclina 89° NE (Fig. 3e).

Al este de la depresión en el piedemonte occidental de la sierra Chica de Zonda, se ubica el sistema de falla Zonda, constituido por fallas inversas de alto ángulo con vergencia al oeste que sobre elevaron escamas de calizas junto con depósitos aluviales cuaternarios que las suprayacen y que quedaron “colgados” y con pendientes anómalas contrarias a la pendiente original. Hacia el sur, las fallas afectan depósitos de flujos de detritos o cenoglomerados de edad pleistocena. Los depósitos fanglomeráticos han sido afectados por la tectónica ya que se encuentran en posición subvertical (80°E), inclinando en posición contraria a la pendiente original (hacia el oeste). Las fallas identificadas en el sector son consistentes con las estructuras reconocidas en Precordillera Oriental. Son fallas que inclinan al este y afectan los depósitos cenoglomeráticos asignados al Pleistoceno, poseen escarpas compuestas que miran al oeste. La longitud de la falla principal es de 1,3 km en el tramo sur y de 2,5 km en la porción norte (Fig. 1). Al noreste del cerro Bayo, se reconoció una falla inversa con azimut 330° e inclinación 40° E que afecta los cenoglomerados. A pocos metros al oeste de la anterior, se ubican dos fallas inversas, una con azimut 280° e inclinación 40° NE y otra falla de azimut 300° y buzamiento 65° NE (Fig. 3f).

Sector sur o Río de La Flecha-Acequión

En el sector sur, Río de La Flecha-Acequión, las fallas con actividad tectónica cuaternaria también poseen estilos tectónicos con vergencias opuestas (Fig. 1). A lo largo de toda la depresión, las fallas con actividad tectónica cuaternaria con vergencia occidental poseen un trazado sub-meridiano, rectilíneo y coincidente con los planos de estratificación de las sedimentitas neógenas, con un ángulo elevado. Por su parte, las fallas ubicadas en el piedemonte oriental de la Precordillera Central y vergencia oriental, también tienen un trazado rectilíneo, rumbo sub-meridiano y ángulos de inclinación moderado a bajos, colocando en algunos casos sedimentitas neógenas por sobre fanglomerados del Pleistoceno superior-Holoceno. En los afloramientos lacustres ubicados hacia el este de la depresión de Acequión (Fig. 1), se estableció la

presencia de dos secuencias lacustres, una antigua claro verdosa y otra moderna levemente rosada, en contacto discordante por deformación de los depósitos del lago antiguo. La edad del lago más antiguo fue datada en este trabajo por C^{14} , arrojando una edad de 37.250 ± 2.200 AP. El lago más reciente proporcionó una edad 7.497 ± 157 AP. En ambos depósitos fueron reconocidas numerosas fallas con vergencias opuestas (Perucca *et al.* 2011).

Fallas con vergencia oriental

En la porción central de la depresión se reconocen fallas con vergencia oriental y escarpas que miran al este: se destacan las fallas Cerro La Chilca y Las Osamentas. La falla Cerro La Chilca (Fig. 4a) posee una longitud de 11 km y azimut 15°. Esta falla se ubica al sur del río de La Flecha y se extiende hacia el sur hasta el río del Agua. Es una falla inversa que buza entre 25° y 30° O y coloca sedimentitas neógenas sobre niveles aluviales cuaternarios. En el sector oriental de la depresión, al sur del río del Agua aflora una estructura correspondiente a un pliegue flexural cuaternario con una falla inversa de azimut 10° y buzamiento 35° O. El rechazo vertical de la falla en la discordancia Neógeno-Cuaternario es de 1,40 m. Se identificaron estrías en el plano de falla con un pitch 83° NE (Fig. 4b). Si bien Giampaoli y Cegarra (2003) asignan a esta falla como la continuación sur del corrimiento Punta del Cerro, en este trabajo se la considera como continuación sur de la denominada falla Cerro La Chilca con vergencia andina, siendo la estructura más oriental reconocida en el sector, perteneciente a las estructuras con estilo andino (Fig. 1).

En el piedemonte del cordón de Las Osamentas se ubica la falla Las Osamentas, la cual exhibe un azimut 350°, inclina 30° O y sobrepone sedimentitas del Carbonífero sobre depósitos aluviales asignados tentativamente al Pleistoceno (Fig. 4c).

Hacia el sur se identificaron y localizaron evidencias geomorfológicas de fallamiento activo cuaternario a lo largo de la falla Acequión (Perucca y Paredes 2004) también llamada falla de Los Colorados en las proximidades del río Acequión por Ahumada (2010), de rumbo meridiano y vergencia oriental. Esta falla inclina 26° O (Fig. 4d).

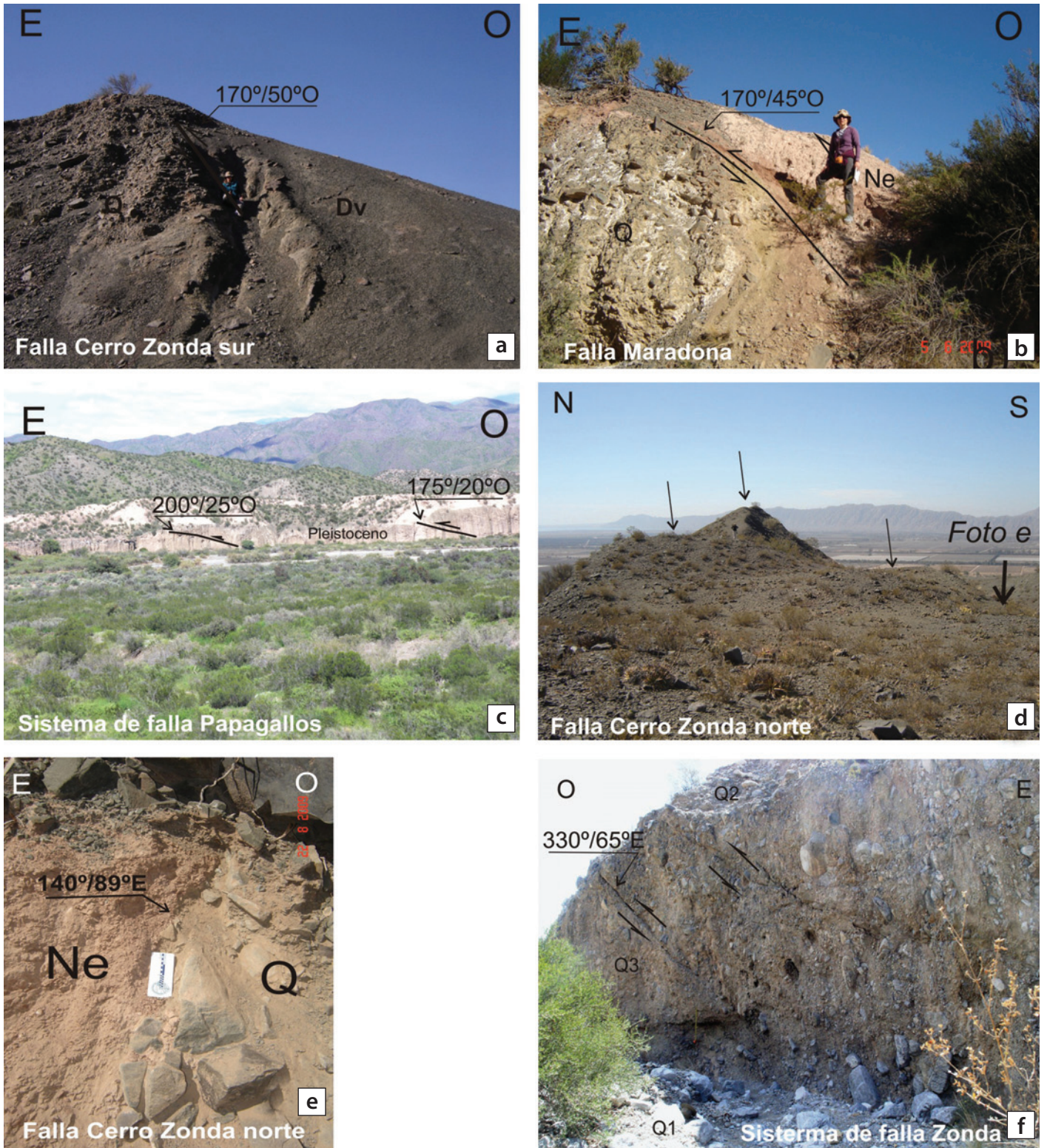


Figura 3: sector Centro, Maradona-río de la Flecha. a) Falla Cerro Zonda Sur (vergenca al este) con sedimentitas devónicas (Dv) sobre depósitos aluviales cuaternarios (Q). En ese sector se observa una escarpa invertida posiblemente por la erosión diferencial de las sedimentitas finas paleozoicas b) Falla Maradona (vergenca al este) con Neógeno (Ne) sobre Cuaternario (Q) c) Sistema Papagallos (vergenca al este), fallas inversas subparalelas que afectan depósitos cuaternarios pleistocenos d) Vista al este en el piedemonte oriental del cerro Zonda. Las flechas señalan las escarpas compuestas a contrapendiente de la falla Cerro Zonda Norte (vergenca occidental), e) Detalle de la falla Cerro Zonda Norte, con sedimentitas neógenas (Ne) sobre depósitos aluviales cuaternarios f) Sistema de falla Zonda con fallas inversas subparalelas, con vergencia al oeste, que afectan el nivel aluvial cuaternario Q₃.

Se ubica en el sector oeste de la depresión y margina las vertientes que suministran el agua a los distintos emprendimientos agrícolas. La escarpa de la falla mira al este y alcanza en algunos tramos unos 5 m de altura, observándose también dos escarpas compuestas.

En los afloramientos lacustres cuaternarios ubicados en el área de la Estancia Acequiión (Fig. 1), las fallas con vergencia oriental poseen un rumbo submeridiano e inclinan entre 30° y 65° O. En algunos casos se han identificado estrías que sugieren una componente de rumbo. Se ubican en el piedemonte oriental distal del cordón Santa Clara, al sur de la estancia (falla Acequiión; o falla Los Colorados según Ahumada 2010), y en los niveles lacustres orientales. Algunas fallas inversas descritas en la margen derecha del río Acequiión, al norte de la quebrada poseen un azimut que varía entre 190° y 200° e inclinan con ángulos entre 33° y 40° O.

Fallas con vergencia occidental

Al sur del río de La Flecha (Fig. 1), en el área del abanico El Mocho (sector oriental de la depresión), se ubican fallas inversas subparalelas, con escarpas a contrapendiente que miran al oeste, con azimut 20° y alto ángulo en superficie (entre 60° y 80° SE), coincidentes con la estratificación de las sedimentitas neógenas (Fig. 4e).

Otras fallas con vergencia occidental se localizan en la porción suroriental de la depresión, en los niveles lacustres y en el flanco occidental de los cerros Pedernal y Los Pozos, en general poseen rumbo submeridiano e inclinan al este con ángulos que varían entre 28° y 45° E.

En una trinchera natural, ubicada en la margen derecha de un tributario ubicado al sur del río Acequiión, se ubica un conjunto de fallas inversas de estilo pampeano con azimut 45° e inclinación 45° E, denominado Sistema de Falla Pedernal (Fig. 4f). El rechazo vertical medido para una de estas fallas es de 1,75 m y los estratos del nivel lacustre inclinan 15° E. Las fallas afectan depósitos que fueron datados por EMA, arrojando una edad de 8.780 ± 50 AP.

DISCUSIÓN

El área estudiada en este trabajo corresponde a una depresión tectónica elongada

y de rumbo norte-sur a nor-noreste en su porción austral, entre las unidades morfoestructurales de Precordillera Central por el oeste y Precordillera Oriental por el este. En esta depresión se han reconocido dos ambientes estructurales diferentes: uno con vergencia oriental, con escarpas que miran al este y otro con vergencia occidental, con fallas inversas con escarpas con la cara libre al oeste (Perucca 1990, Siame *et al.* 2006). Si bien diferentes autores han señalado que desde la sierra de Villicum hacia el sur las evidencias de fallamiento cuaternario más reciente de Precordillera Oriental se concentran en el sector dorsal de la lámina de corrimiento principal que constituye los cordones montañosos de esta morfoestructura (Costa *et al.* 1999, Krugh y Meigs 2001, Costa *et al.* 2006, Vergés *et al.* 2007), en este trabajo se han ubicado numerosas fallas con actividad tectónica cuaternaria con vergencia pampeana en el flanco occidental de estos cordones a lo largo de toda la depresión. Estas fallas afectarían depósitos pleistocenos y holocenos, principalmente abanicos aluviales, terrazas y los niveles lacustres ubicados en el extremo sur de la depresión.

Desde el punto de vista estructural, la Precordillera Oriental ha sido considerada un sistema de piel gruesa (*thick skinned system*) que involucra al basamento en su deformación. Las evidencias encontradas en el campo, con las fallas con actividad tectónica cuaternaria con alto ángulo y vergencia al oeste, podrían constituir el reflejo superficial de los esfuerzos tectónicos que afectan el basamento. Por el contrario, las estructuras que responden al estilo tectónico de Precordillera Central, de piel fina (*thin skinned system*), corresponden a corrimientos con vergencia oriental. La zona ubicada entre los dos sistemas de corrimiento con vergencias opuestas, Precordillera Central y Oriental, correspondería a una zona triangular de piel gruesa (*thick skinned triangle zone*), similar al modelo propuesto por Zapata y Allmendinger (1996, 1997). Esta situación ha sido reflejada a través de perfiles estructurales balanceados, gravimetría y líneas sísmicas a distintas latitudes a lo largo de la depresión (Zapata y Allmendinger 1996, Ramos *et al.* 1997, Giampaoli y Cegarra 2003, Perucca y Ruiz 2013).

Sobre la base del conocimiento existente en los distintos sectores de la depresión (Perucca 1990, Gardini 1993, Costa *et al.* 1999, Paredes y Perucca 2000, Giampaoli y Cegarra 2003, Ahumada y Costa 2009, entre otros autores), mas los aportes realizados en este trabajo, se interpretaron los siguientes resultados:

En el sector norte, Matagusanos - río San Juan, las fallas identificadas corresponden en su mayoría a fallas submeridianas paralelas con vergencia occidental y alto ángulo en superficie (sistema de falla Blanquitos, falla Loma de Las Tapias). El cambio de vergencia se manifiesta en su borde occidental, en el piedemonte oriental de la sierra de Talacasto-La Dehesa en donde se identificó la falla del mismo nombre, inversa de bajo ángulo y vergencia al este. El eje de la zona triangular para el Cuaternario se encontraría en este sector, ubicado en la porción occidental de la depresión.

Las áreas de fallamiento reconocidas en el sector centro, Maradona-río de La Flecha también poseen un estilo tectónico con vergencias opuestas, ya que las fallas ubicadas en el sector occidental (fallas Cerro Zonda Sur, Maradona, Papagallos y tramos paralelos) poseen vergencia oriental, mientras que las fallas ubicadas en el piedemonte de Precordillera Oriental (falla sierra Chica de Zonda), poseen vergencia occidental. Sin embargo, la falla Cerro Zonda Norte, ubicada en el sector occidental de la depresión y piedemonte nororiental de cerro homónimo, posee alto ángulo y vergencia al suroeste, consistente más con el estilo pampeano. El eje de la zona triangular en la que se habría producido durante el Cuaternario la interacción entre los dos sistemas con vergencias opuestas, Precordillera Central y Oriental se ubicaría en esta porción de la depresión, aproximadamente coincidente con el cauce del río de La Ciénaga, correspondiendo a una zona triangular de piel gruesa (Zapata y Allmendinger 1996).

Algo similar ocurre entre los ríos de La Flecha y Del Agua, ya que las fallas ubicadas en el sector oriental (falla el Mocho y tramos paralelos) poseen vergencia occidental, mientras que las fallas ubicadas en el piedemonte de Precordillera Cen-

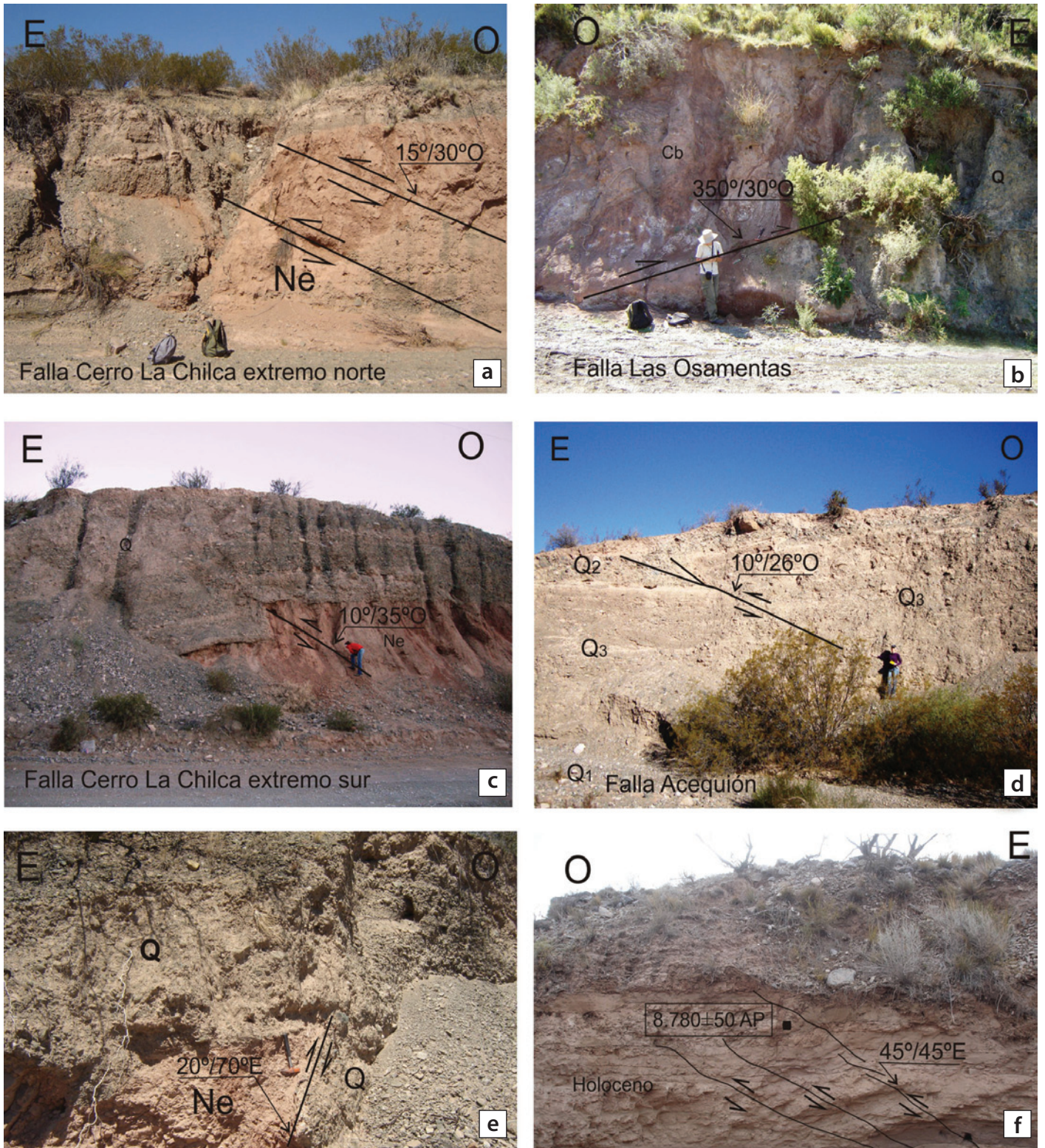


Figura 4: sector sur: ríos de La Flecha-de Los Pozos. a) Falla Cerro La Chilca tramo norte (vergenca oriental), con sedimentitas del Neógeno (Ne) sobre depósitos aluviales cuaternarios (Q) b) Falla Las Osamentas (vergenca oriental), con sedimentitas carboníferas (Cb) sobre depósitos aluviales cuaternarios (Q) c) Falla Acequión-Los Colorados (vergenca oriental), afectando el nivel cuaternario Q₃ d) Falla Cerro La Chilca, tramo sur, e) sistema de Falla El Mocho con vergencia occidental, con sedimentitas neógenas (Ne) sobre depósitos aluviales cuaternarios (Q) f) sistema de Falla Pederal (vergenca occidental), en depósitos lacustres de edad holocena. Para el nivel señalado con el recuadro, se obtuvo una edad por el método EMA de $8.780 \pm 50 \text{ AP}$ (Laboratorio Beta Analytic).

tral (fallas Maradona, Papagallos, Las Osamentas y otras), poseen vergencia oriental. En este sector, el eje de la zona triangular en la que se habría producido durante el Cuaternario la interacción entre los dos sistemas con vergencias opuestas, se ubicaría al oeste del área de fallamiento El Mocho, correspondiendo a una zona triangular de piel gruesa, al igual que lo que sucede en la porción occidental de la depresión de Matagusanos. Al sur del río del Agua, el piedemonte oriental del cordón de Santa Clara (Precordillera Central) se caracteriza por estar afectado en su parte distal por una falla inversa con vergencia al este que inclina al oeste con ángulos entre 40-50°. Esta falla fue denominada por Perucca y Paredes (2004), falla Acequiión.

En Precordillera Oriental, el corrimiento Pedernal eleva el cordón calcáreo denominado Pedernal-Los Pozos. Esta falla posee vergencia occidental, es profunda e involucraría basamento, elevándolo cerca de la superficie (Comínguez y Ramos 1991, von Gosen 1992). Sin embargo, Vergés *et al.* (2007) propusieron un modelo de cuña cortical con vergencia oriental para esta región, interpretando de esta manera que la sierra de Pedernal-Los Pozos sería un retrocorrimiento de piel fina con vergencia occidental.

Una evidencia del alzamiento reciente (Holoceno) de la sierra de Pedernal-Los Pozos la constituye la presencia de los niveles lacustres adosados al frente montañoso con inclinaciones de hasta 24° al oeste, “colgados” respecto del nivel del lago original (Fig. 5a). La actividad cuaternaria de la falla ubicada en el flanco occidental de la sierra de Pedernal-Los Pozos se deduce de la presencia de 3 niveles de abanicos aluviales telescópicos, espolones triangulares y pedimentos (glacis) suspendidos (Fig. 5b).

CONCLUSIONES

A lo largo de la depresión Matagusanos-Maradona-Acequiión, se pudieron identificar fallas con actividad tectónica pleistocena y holocena con vergencias opuestas.

Las fallas inversas con vergencia oriental poseen en general rumbo submeridional, escarpa a favor de la pendiente y ángulos

de inclinación que varían entre 40° y 60° O. Afectan en su mayoría depósitos aluviales asignados tentativamente al Pleistoceno por el grado de incisión y el pavimento del desierto de sus superficies (Fallas La Dehesa, Maradona, Cerro La Chilca, Acequiión). En otros casos, se determinó una edad Pleistocena tardía a partir de dataciones absolutas efectuadas en depósitos carbonáticos, aunque es necesario revalidar estas

edades con nuevas dataciones de mayor exactitud (fallas Cerro Zonda Sur, sistema de falla Papagallos). En el caso de la falla Maradona, ésta además afecta en su tramo medio, niveles aterrazados, de edad probablemente holocena.

Por otro lado, las fallas inversas con vergencia occidental poseen en general rumbo submeridional, escarpa a contrapendiente en algunos casos (Sistema de falla Blanquitos,

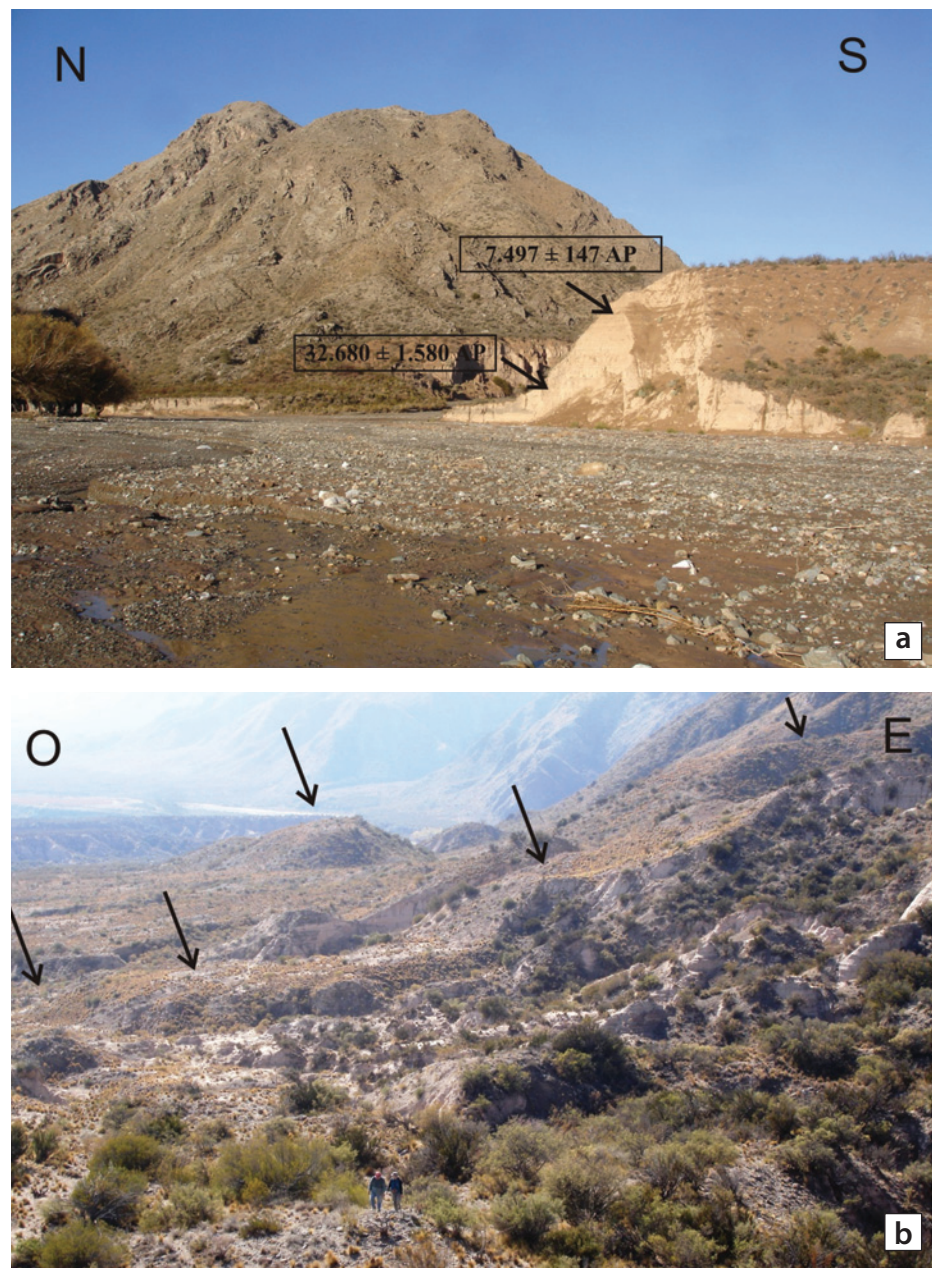


Figura 5: depósitos lacustres ubicados en el área del río Acequiión a) vista al este de los niveles finos del Pleistoceno superior y Holoceno. b) flanco occidental del cerro Los Pozos. Las flechas indican los distintos niveles de glacis labrados en los depósitos finos de edad pleistocena tardía - holocena.

Loma de Las Tapias, Cerro Zonda Norte, el Mocho) y a favor de la pendiente en otros (fallas Zonda y Pedernal). Poseen altos ángulos de inclinación que varían entre 70° y 89° O. Afectan tanto a depósitos aluviales asignados tentativamente al Pleistoceno en sentido amplio (fallas La Araña, Blanquitos este, Cerro Zonda Norte, Zonda, El Mocho), como al Pleistoceno superior-tardío (fallas Blanquitos oeste y Loma de Las Tapias). En el área de Acequión, se reconocieron fallas afectando niveles holocenos.

Es así que las evidencias estructurales reconocidas al norte del río San Juan, en la depresión de Matagusanos, permitirían ubicar la zona triangular en su borde occidental, en las proximidades a la sierra de Talacasto - La Dehesa, tal como fue estimado por Paredes y Perucca (2000). Sin embargo, al sur del río San Juan la mayor parte del desplazamiento cuaternario, y claramente hasta de edad holocena, habría sido concentrado por los corrimientos del tipo andino, encontrándose la zona triangular prácticamente sobre el flanco occidental de las sierras de Zonda-cerro La Flecha-Loma Redonda- Pedernal-Los Pozos.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada con fondos del proyecto IPGH 2010-02 y PIP 0799-2010 (CONICET). Se agradece a los evaluadores por sus valiosas sugerencias que contribuyeron al mejoramiento de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ahumada, E. 2010. Neotectónica del Frente Orogénico Andino entre 32°08'S 32°15'S, Provincias de Mendoza y San Juan. Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Luis (inérita), 155 p., San Luis.
- Ahumada, E. y Costa, C. 2009. Antithetic linkage between oblique Quaternary thrusts at the Andean front, Argentine Precordillera. *Journal of South American Earth Sciences* : 207-216.
- Allmendinger, R., Figueroa, D., Snyder, D., Beer, J., Mpodozis C. y Isacks, B. 1990. Foreland shortening and crustal balancing in the Andes at 30°S latitude. *Tectonics* 9: 789-809.
- Baldis, B. y Chebli, G. 1969. Estructura profunda del área central de la Precordillera sanjuanina. 4° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 47-65, Buenos Aires.
- Bastías, H. 1986. Fallamiento Cuaternario en la región sismotectónica de Precordillera. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Juan (inérita), 160 p., San Juan.
- Comíngues, A. y Ramos, V. 1991. La estructura profunda entre Precordillera y Sierras Pampeanas de la Argentina: evidencias de la sismica de reflexión profunda. *Revista Geológica de Chile* 18: 3-14.
- Cortés J.M., Yamin, M.G. y Pasini M.M. 2005. La Precordillera Sur, provincias de Mendoza y San Juan. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 395-402, La Plata
- Costa, C., Rockwell, T., Paredes, J. y Gardini, C. 1999. Quaternary deformations and seismic hazard at the Andean orogenic front (31°-33°, Argentina): A paleoseismological perspective. 4° International Symposium on Andean Geodynamics, Proceedings: 187-191, Paris.
- Gardini, M. 1993. Estructura superficial y profunda del valle de Zonda, Precordillera de San Juan. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 93-99, Buenos Aires.
- Giampaoli, P. y Cegarra, M. 2003. Análisis estructural del extremo sur de la Precordillera Central Sanjuanina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (1): 49-60.
- Heim, A. 1952. Estudios tectónicos en la Precordillera de San Juan: Los ríos San Juan, Jáchal y Huaco. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 7: 11-70.
- Horvatincic, N., Calic, R., Geyh, M.A. 2000. Interglacial growth of tufa in Croatia. *Quaternary Research* 53: 185-195.
- Krugh, W. y Meigs, A. 2001, Secondary deformation associated with active basement-involved folding; Late Quaternary flexural-slip faulting and kink-band migration, Sierra de Villicum, San Juan, Argentina. *Geological Society of America. Abstracts with Programs, Volume* 33: 393.
- Moreiras, S., y Banchig, A. 2008. Further evidences of Quaternary activity of the Maradona faulting, Precordillera Central, Argentina. 7° International Symposium on Andean Geodynamics. *Extended Abstracts*: 344-347. Nice.
- Ortiz, A. y Zambrano, J. 1981. La provincia geológica de Precordillera Oriental. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 59-74, San Luis.
- Paredes, J. y Perucca, L. 2000. Fallamiento cuaternario en la depresión de Matagusanos, San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 23-30.
- Paredes, J., Perucca, L. y Tello, G. 1996. Fallas activas en el bolsón de Matagusanos, San Juan, Argentina. 12° Congreso Geológico de Bolivia, Actas 3: 1155-1163, Tarija.
- Perucca, L. 1990. Sistema de fallamiento La Dehesa-Maradona-Acequión, San Juan, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 431-434, San Juan.
- Perucca, L. y Paredes, J. 2004. Descripción del Fallamiento Activo en la Provincia de San Juan. En Miranda, S., Herrada, A. y Sisterna, J. (eds.) *Tópicos de Geociencias. Un volumen de estudios sismológicos, geodésicos y geológicos en homenaje al Ing. Fernando Séptimo Volponi*: 269-309, San Juan.
- Perucca, L. y Onorato, R. 2011. Fallas con actividad cuaternaria en el corredor tectónico Matagusanos-Maradona-Acequión entre los ríos de La Flecha y del Agua. Provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 39-52.
- Peruca, L. y Ruiz, F. 2013. New data on neotectonic contractional structures in Precordillera, south of río de la Flecha: structural setting addressed by gravity and magnetic data. San Juan, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Perucca, L., Rothis, M. y Onorato, M. 2009. Geomorfología y tectónica activa al sur del Río de La Flecha, área El Mocho-Bachongo. Provincia de San Juan. 4° Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. 12° Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2° Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur: 353-361. La Plata.
- Perucca, L., Audemard, F.A., Pantano, A., Avila, M.R. Onorato y H.N. Vargas. 2011. Evidencias de actividad cuaternaria al sur del río del Agua. Provincia de San Juan. 18° Congreso Geológico Argentino, Resumen Expandido CD-ROM, Neuquén.
- Ramos, V. A., Cegarra, M. I., Lo Forte, G. y Comíngues, A. 1997. El frente orogénico de la

- sierra de Pedernal (San Juan, Argentina): su migración a través de los depósitos sinorogénicos. 8° Congreso Geológico Chileno Actas 3: 1709-1713, Chile.
- Siame, L., Bellier, O. y Sebrier, M. 2006. Active tectonics in the Argentine Precordillera and western Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61: 604-619.
- Siame, L.L., Bellier, O., Sébrier, M., Bourlès, D.L., Leturmy, P., Perez, M. y Araujo, M. 2002. Seismic hazard reappraisal from combined structural geology, geomorphology and cosmic ray exposure dating analyses: the Eastern Precordillera thrust system (NW-Argentina). *Geophysical Journal International* 150: 241-260.
- Srdoc, D., Osmond, J.K., Horvatincic, N., Dabous, A.A., Obelic, B. 1994. Radiocarbon and Uranium-Series dating of the Plitvice Lakes travertines. *Radiocarbon*, 36: 203-219.
- Uliarte, E., Bastias, H. y Ruzycki, L. 1987. Morfología y Neotectónica en el cerro La Chilca, Pedernal. San Juan. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 227-230, Tucumán.
- Vergés, J., Ramos, V.A., Meigs, A., Cristallini, E., Bettini, B.H. y Cortés, J.M. 2007. Crustal wedging triggering recent deformation in the Andean thrust front between 31° S and 33° S: Sierras Pampeanas-Precordillera interaction. *Journal of Geophysical Research*, 112, 22 p. B03S15, doi: 10.1029/2006JB004287.
- von Gosen, W. 1992. Structural evolution of the Argentine Precordillera: the Rio San Juan section. *Journal of Structural Geology* 14: 643-667.
- Zapata, T. R., y Allmendinger, R. 1996. Thrust-Front Zone of the Precordillera, Argentina: A Thick-Skinned Triangle Zone. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 80: 359-381.
- Zapata, T.R. y Allmendinger, R.W. 1997. Evolución de la deformación del frente de corrimiento de Precordillera, provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52: 115-131.

Recibido: 5 de Enero, 2012

Aceptado: 6 de Septiembre, 2012