

FALLAS CON ACTIVIDAD CUATERNARIA EN EL CORREDOR TECTÓNICO MATAGUSANOS - MARADONA - ACEQUIÓN ENTRE LOS RÍOS DE LA FLECHA Y DEL AGUA, PROVINCIA DE SAN JUAN

Laura P. PERUCCA^{1,2} y Romina ONORATO¹

¹ Gabinete de Neotectónica y Geomorfología, INGENIO-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, San Juan. E-mail: lperucca@unsj-cuim.edu.ar.

² CONICET

RESUMEN

En la depresión situada entre los ríos de La Flecha y del Agua, se encuentran evidencias de fallamiento cuaternario, entre dos sistemas estructurales con rumbo norte y vergencias opuestas, Precordillera Central con vergencia oriental y estilo de piel fina y Precordillera Oriental, con vergencia occidental y piel gruesa. Se reconocieron numerosas fallas con actividad cuaternaria a lo largo de toda la depresión: aquellas ubicadas en su porción oriental, en las proximidades del cerro La Chilca, con el mismo estilo estructural de Precordillera Oriental: fallas inversas inclinando al este con alto ángulo en la superficie. Por el contrario, las fallas localizadas en el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas tienen un estilo estructural consistente con Precordillera Central, inversas y con vergencia oriental. Este arreglo estructural de las fallas cuaternarias con vergencia opuesta se compara con aquellos descritos en la depresión de Matagusanos, donde se identificó una zona triangular de tipo piel gruesa localizada cerca de su porción occidental y en el valle de Zonda, situado al norte del sector analizado.

Palabras clave: *Neotectónica, geomorfología, fallamiento inverso, El Mocho, Las Osamentas.*

ABSTRACT

Faults with Quaternary activity in the Matagusanos-Maradona-Acequión tectonic depression between the ríos de la La Flecha and del Agua, San Juan province.

Evidence of Quaternary faults between two structural systems with regional N-trending strike and opposite vergence occur at the depression located between La Flecha and del Agua rivers; the east-verging thin-skinned Central Precordillera and the west-verging, thick-skinned Eastern Precordillera. Several Quaternary faults have been recognized across the whole depression. Those located in the eastern sector near Cerro La Chilca, show the structural style of Precordillera Oriental: east-dipping reverse faults with a high angle on the surface. On the contrary, faults located at the eastern piedmont of Cordón de Las Osamentas have a structural style consistent with Precordillera Central, reverse faults and east vergence. This structural arrangement of Quaternary faults with opposite vergence was compared with those described at Matagusanos depression, where a triangular zone of thick-skinned type is located close to the western sector of the depression and with the Zonda valley, located in the northern sector of the study area.

Keywords: *Neotectonics, geomorphology, reverse faulting, El Mocho, Las Osamentas.*

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra en el sector centro sur de la provincia de San Juan, a unos 50 km al suroeste de la ciudad capital, porción sur del departamento Zonda y noroeste del departamento Sarmiento. Se ubica dentro de la cuenca del río de La Flecha, la cual abarca desde el flanco oriental del cordón de Las Osa-

mentas hasta la sierra Chica de Zonda (Fig. 1a).

La geología de la región está representada por rocas de edades cambro-ordovícicas (calizas y dolomías), siluro-devónicas (olistolitos, areniscas y lutitas), carboníferas (areniscas y lutitas) y neógenas (conglomerados, areniscas y arcilitas). El Cuaternario está caracterizado principalmente por depósitos coluviales y aluviales.

El sector analizado se ubica en la zona de transición entre los ambientes tectónicos de Precordillera Oriental y Precordillera Central siguiendo la división propuesta por Heim (1952), Baldi y Chebli (1969), Ortiz y Zambrano (1981), entre otros autores (Fig. 1b).

Algunos de los primeros trabajos que analizaron la estructura precordillerana fueron los efectuados por Bodenbender

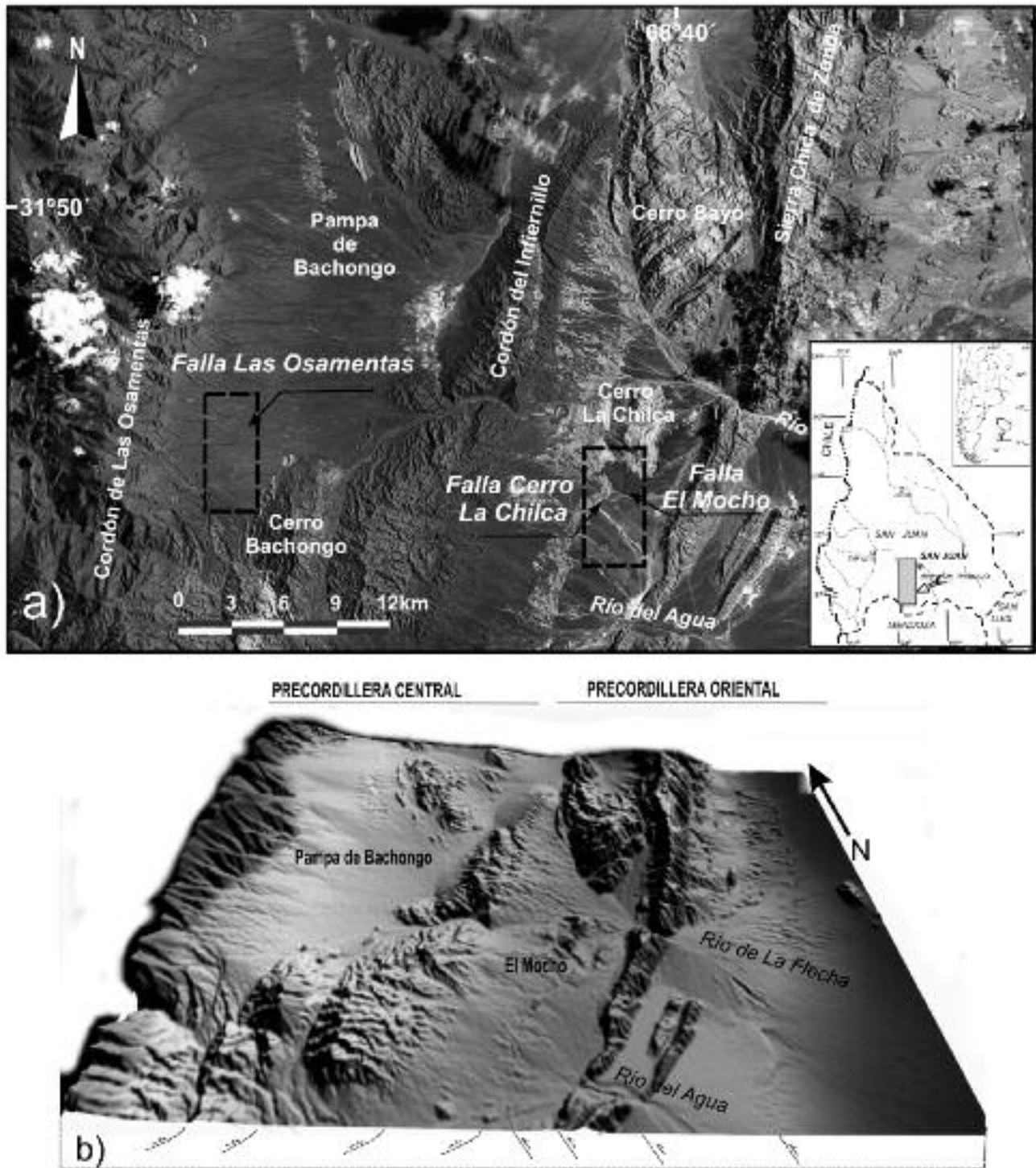


Figura 1: a) Mapa de ubicación del área de estudio; b) imagen satelital 3D.

(1902) y Stappenbeck (1910), cuyos modelos de plegamiento explicaban las sucesivas repeticiones estratigráficas reconocidas en perfiles oeste-este debido al desarrollo de pliegues volcados con o sin corrimientos asociados. Braccini (1946) in-

trodujo la noción de estructuras de fallamiento dominante acompañadas por pliegues que dan lugar a bloques imbricados. Baldis y Chebli (1969) interpretaron la estructura profunda del área central de la Precordillera y señalaron que los corri-

mientos se resuelven en un único plano de muy bajo ángulo ubicado en la caliza ordovícica y cuyo ángulo de inclinación aumenta rápidamente hacia la superficie. La evolución estructural de la región entre los 30° y 33° refleja la convergencia

entre las placas de Nazca y Sudamérica, la que originó una faja plegada y corrida de piel fina en Precordillera y un estilo de piel gruesa para las Sierras Pampeanas, constituyendo dos sistemas estructurales con vergencias opuestas (Jordan *et al.* 1993, Zapata y Allmendinger 1996). En este sector, la geometría subhorizontal de la placa es atribuida a la subducción de la dorsal Juan Fernández por debajo de la placa de Sudamérica (Pilger 1981), La Precordillera Oriental y Sierras Pampeanas occidentales están conformadas por sistemas de corrimiento con vergencia al oeste, mientras que Precordillera Central muestra corrimientos dirigidos al este (Figueroa y Ferraris 1989, von Gosen 1992, Ramos *et al.* 1997).

La Precordillera Oriental está constituida por sierras de rumbo submeridional, en general integradas por estructuras plegadas en forma de grandes anticlinales asimétricos al oeste, cuyos ejes son paralelos a los ejes de los cordones montañosos que la integran. Los planos axiales de estos anticlinales se inclinan al este con alto ángulo, en tanto que en la mayoría de los casos los flancos occidentales se presentan verticales, rebatidos o también suelen estar suprimidos por fallas inversas de alto ángulo y rumbo predominantemente norte-sur, que en principio constituirían el límite occidental de Precordillera Oriental. Zapata y Allmendinger (1996), Jordan *et al.* (2001) y Siame *et al.* (2002) la ubican por sus características en el dominio de Sierras Pampeanas.

La Precordillera Central posee cordones montañosos que se desarrollan a lo largo de todo San Juan con rumbo meridional. Sus afloramientos corresponden principalmente a rocas ordovícicas y siluro-devónicas, sobre las que yacen rocas carboníferas y terciarias en neta discordancia o en relación por falla. Estructuralmente es una faja plegada y corrida epidérmica con vergencia hacia el este constituida por corrimientos principales con su nivel de despegue en la secuencia cambro-ordovícica (Allmendinger *et al.* 1990).

De acuerdo con Zapata y Allmendinger (1996), la interacción entre estos corri-

mientos 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.

También se reconoce en la región un sistema de fracturación transtensional con rumbo de N 70° O casi perpendicular a las estructuras norte-sur. En el caso de la quebrada de La Flecha, el bloque levantado es el sur, con componente de rumbo dextral (Vaca 1977). Más al sur, y coincidente con el río del Agua, Zambrano y Suvires (2008) reconocen la megafractura de Guanacache, asignándole de igual forma un desplazamiento dextral. A través de geofísica estos autores actualizaron el conocimiento estructural del valle del Tulum reconociendo que el sistema de fallas de Tulum es un pilar tectónico segmentado por numerosas fallas transversales y oblicuas al rumbo del mismo.

GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio constituye una depresión tectónica intramontana limitada al oeste por los cordones montañosos de Precordillera Central y por el este por los pertenecientes a Precordillera Oriental. A partir del análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas del sector se distinguieron las siguientes unidades geomorfológicas (Fig. 2):

Una unidad montañosa que corresponde a los relieves positivos muy prominentes elevados por fallas, que sobresalen por sobre las áreas circundantes y presentan en general una dirección meridional, con suaves inflexiones. Está representada por las sierras Chica de Zonda y Loma Redonda hacia el este; cerros Bayo y La Chilca por el norte y al oeste una serie de sierras como el cordón del Infiernillo, cordón de Las Osamentas, cerros Punta del Cerro y Bachongo.

Los afloramientos calcáreos ubicados más al este presentan fuertes pendientes dando como resultado un relieve de superficies abruptas y un perfil asimétrico hacia el oeste, con pendientes más suaves en el sector oriental y pendientes abruptas en

el occidental. Esto se produce como consecuencia de la falla regional Villicum-Zonda que limita por el oeste estos cordones montañosos. Las mayores alturas se encuentran en el cordón de La Flecha con 1.904 m s.n.m.

Los cordones serranos que se desarrollan en el sector occidental, al igual que los del oriental, tienen un rumbo prácticamente NNE. Están caracterizados principalmente por rocas devónicas (psamitas) afectadas en su borde oriental por fallas inversas con su plano de falla que inclina al oeste. Las alturas de estos cordones aumentan de este a oeste, siendo las máximas para el cordón de las Osamentas 3.606 m s.n.m y para el cerro Bachongo 2.265 m s.n.m.

Una unidad de lomadas correspondiente a aquellos relieves positivos menos prominentes que los montañosos. Al igual que los cordones tienen un rumbo en general NNE, con ligeras inflexiones. Estas lomadas se desarrollan principalmente en la parte central del área de estudio, es decir entre el cerro Bayo, la loma Redonda y la sierra de Pedernal por el este y el cordón del Infiernillo y el de Las Osamentas por el oeste. Poseen una cubierta aluvial cuaternaria que se dispone sobre rocas de edad miocena. Este relieve positivo suele exhibir perfiles transversales asimétricos, siendo su flanco de mayor inclinación aquel ubicado en el sentido opuesto al del buzamiento de los estratos. Sus alturas máximas oscilan entre 1.100 y 1.300 m s.n.m.

En las lomadas compuestas por sedimentos miocenas, se desarrolla un relieve de huayquerías (*badlands*).

Una unidad de transición que concierne a los sectores intermontanos ubicados entre las unidades morfoestructurales montañosas de tipo regional. Se extiende desde los frentes montañosos serranos hasta alcanzar los niveles de base de erosión local, ríos o barreales. El piedemonte proveniente de Precordillera Central posee un ancho notable respecto del piedemonte occidental de Precordillera Oriental. El depocentro de la depresión se encuentra desplazado hacia el este a una altura apro-

ximada de 1.000 m s.n.m.

En los piedemontes de relieves importantes se originan geofomas de acumulación, abanicos aluviales, conos aluviales y conos coluviales, en algunos casos afectados por la tectónica cuaternaria. En la porción distal se originan los barreales o playas, donde se deposita el material fino. La litología predominante es muy variada, textural y composicionalmente, dependiendo del área de procedencia.

En la depresión intermontana ubicada entre el cordón de las Osamentas (Precordillera Central) y las sierras Chica de Zonda y Pederal, las cubiertas aluviales cuaternarias exhiben un neto predominio de clastos de areniscas silúricas-devónicas provenientes de la erosión de las serranías que la rodean. En menor proporción, se hallan en algunos sectores clastos de calizas, debido a la presencia de afloramientos calcáreos en las zonas aledañas. En el piedemonte proveniente de Precordillera Oriental, de menor desarrollo, se encuentran casi exclusivamente clastos de composición calcárea.

El nivel aluvial Q1 es el más antiguo identificado en el área, con escaso desarrollo areal, destacándose el denominado paleoabanico El Mocho (Uliarte *et al.* 1987). Al sur del mismo, se conservan algunos relictos aislados de estos depósitos cuaternarios, como así también al norte del cerro La Chilca, asignados a Q1 por estar en una posición topográfica elevada con respecto a los niveles que los circundan. Poseen un mayor grado de incisión de los cursos que los disectan y se encuentran fuertemente afectados por la actividad tectónica cuaternaria. Este nivel es de color gris, matriz sostén en general, exhibe leve estratificación que inclina al este y sus espesores varían de 5 a 10 m en su parte media. La composición litológica de los clastos que forman el nivel conglomerádico Q1 es mayoritariamente de areniscas verdes y en menor medida de rocas volcánicas. Los clastos de areniscas son de granulometría media a fina de color verde oscuro, sus tamaños son muy heterogéneos variando de 1 a 10 cm y excepcionalmente valores cercanos a los 15

cm, algunos con evidencias de termoclastismo y disyunción paralela. Estos clastos están facetados y son subangulosos. Los clastos de rocas volcánicas son de composición riolítica, sus tamaños varían de 2 a 5 cm, son subredondeados a redondeados y son muy escasos con respecto a los rodados de areniscas. Se puede encontrar algunos rodados de cuarzo, con tamaños de 1 cm a 2 cm, muy redondeados. En forma muy esporádica se observa en la superficie de Q1 la presencia de rodados de calizas con tamaños que oscilan de 4 a 13 cm, redondeados y con estructura paquidérmica, como producto de fenómenos de disolución.

Sobre la superficie del nivel Q1 se desarrolla pavimento denso con barniz del desierto, lo que le da tonalidades más oscuras a este nivel respecto de aquellos más recientes.

Los niveles aluviales identificados como Q2 presentan mayor distribución areal y menor grado de incisión. En el sector ubicado hacia el oriente del cordón de las Osamentas tienen aspecto continuo, y espesores de más de 30 m, en tanto que al este de cerro Punta del Cerro disminuyen sus espesores a menos de 5 m y están truncados por los afloramientos de rocas del Mioceno, posiblemente por falla. Este nivel Q2, está representado principalmente por conglomerados matriz sostén, compuestos por clastos de areniscas verdes angulosas a subangulosas en mayor porcentaje, y clastos de rocas volcánicas. Es muy similar al nivel Q1, teniendo en cuenta la composición litológica de los clastos. En la superficie de este nivel, se reconoce también el desarrollo de pavimento del desierto, como así también barniz que le otorga tonalidades más oscuras a los rodados. Asimismo, se reconoce la fractura de clastos en planos paralelos evidenciando fenómenos de termoclastismo y se observa la presencia de rodados de calizas en forma esporádica. El nivel Q3 se desarrolla topográficamente más bajo y menos incidido que los niveles Q1 y Q2, aunque con similares características. Tiene mayor desarrollo areal y sus espesores son variables, aunque

predominan aquellos de alrededor de 1,5 m.

El nivel Q4 es el más reciente, representado por aquellos depósitos correspondientes a los cauces actuales de los ríos temporarios presentes en la zona y acumulaciones de arena que en general se encuentran rodeando la vegetación presente en el área, generadas por procesos eólicos.

El relleno del cauce presenta facies de gravas, gravillas intercaladas con facies de arena y limos. Las gravas están constituidas por rodados de areniscas, de variada granulometría y con sus bordes subangulosos. En el sector oriental predominan los rodados de rocas carbonáticas.

Los conos coluviales se ubican en las inmediaciones de algunos frentes montañosos, principalmente en el flanco occidental de Precordillera Oriental. Los rodados que forman estas geofomas son exclusivamente calizas y dolomías. Los clastos son angulosos, sin selección y sus tamaños son muy heterogéneos.

El barreal ubicado al oeste del cerro El Infiernillo se denomina de las Barrancas, de forma alargada en sentido meridional y caracterizado por la presencia de sedimentos finos, como arenas, limos y arcillas depositados por los cursos temporarios que confluyen en él, provenientes de las sierras circundantes.

MARCO TECTÓNICO Y ACTIVIDAD CUATERNARIA

Entre los 29° y 33° S, la placa de Nazca se introduce por debajo de la Sudamericana a unos 100 km de profundidad, a una tasa de 6,3 cm/año (Ramos 1988, Kendrick *et al.* 2003) y un azimut de aproximadamente 78° (Vigny *et al.* 2009). Esta subhorizontalización se habría iniciado entre los 8 y 10 Ma (Jordan y Gardeweg 1987, Kay *et al.* 1991). La evolución tectónica en este sector es el resultado de la interacción entre la placa Sudamericana y el segmento de la placa de Nazca que contiene a la dorsal de Juan Fernández, produciendo la ausencia de volcanismo y una abundante sismicidad cortical entre

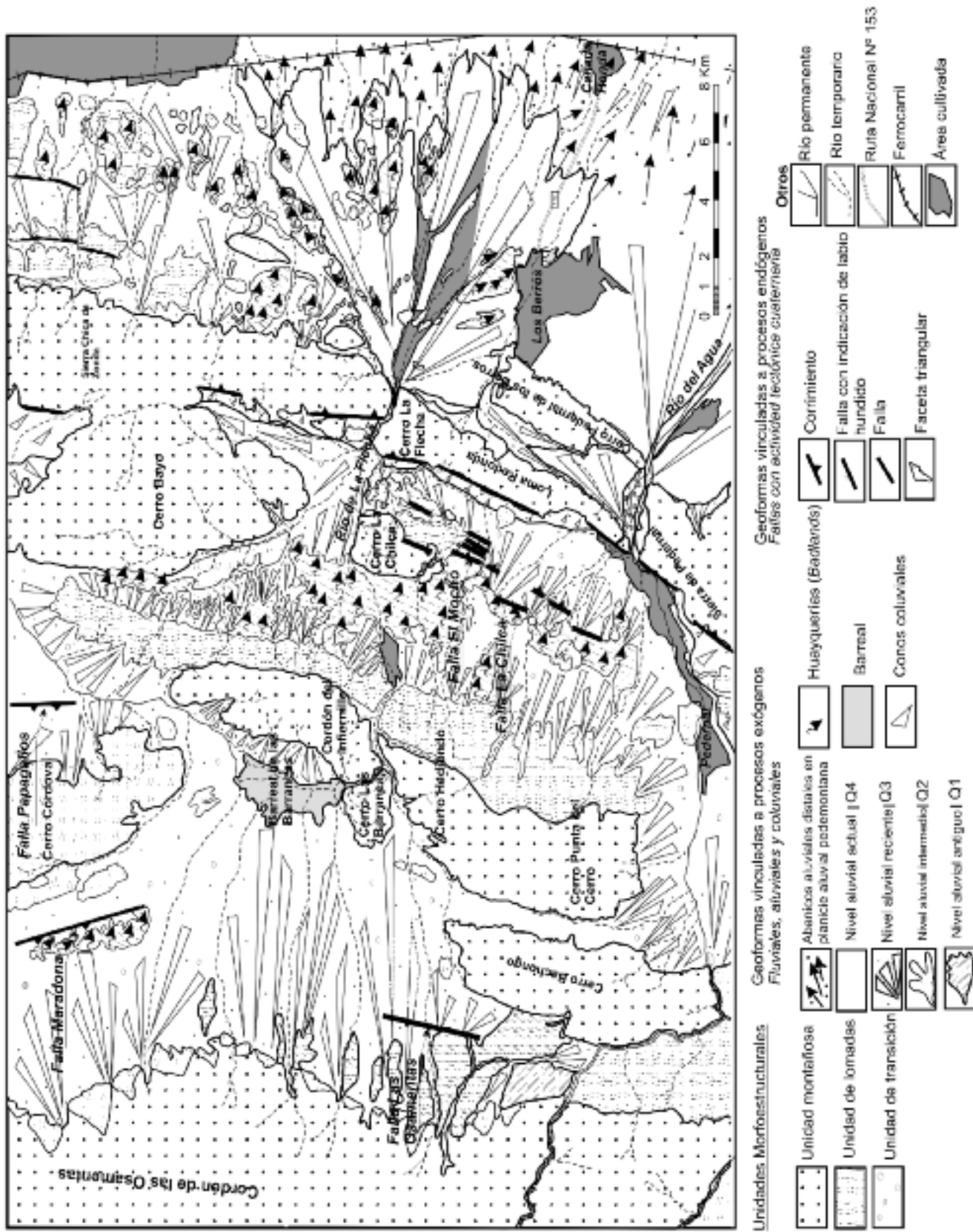


Figura 2: Mapa geomorfológico y ubicación de las fallas con actividad tectónica cuaternaria estudiadas.

estas latitudes (Jordan *et al.* 1983, 1993, Kay y Mpodozis 2002).

La provincia geológica Precordillera es un orógeno paleozoico que muestra tres estilos tectónicos diferentes (Precordillera Occidental, Central y Oriental). Precordillera Central es una faja plegada y corrida de piel fina asociada a pliegues con vergencia oriental (Ramos 1999), mientras que Precordillera Oriental es una faja plegada y corrida de piel gruesa, correspondiendo a un bloque de basamento con una estructura de igual vergencia que las Sierras Pampeanas (Ramos 1999) y donde las principales fuentes sismogénicas revelan en profundidad complejas interacciones (Jordan *et al.* 1993, Zapata y Allmendinger 1996).

Las fallas con actividad tectónica cuaternaria ubicadas en Precordillera Oriental, poseen un trazado submeridional, rectilíneo y coincidente con los planos de estratificación de las sedimentitas neógenas con un ángulo elevado. Estas fallas presentan numerosas evidencias de actividad holocena y probablemente dos sismos históricos asociados, el de 1944 de Ms 7.4 (Castellanos 1945 y el de 1952 con Ms 7.0 (Tello y Perucca 1993). Por su parte, las fallas ubicadas en el piedemonte oriental de la Precordillera Central poseen vergencia oriental, también tienen un trazado rectilíneo, rumbo submeridional y ángulos de inclinación moderado a bajos, colocando sedimentitas paleozoicas o neógenas por sobre fanglomerados del Pleistoceno medio a superior.

Se analizaron en este trabajo dos áreas de fallamiento cuaternario con vergencias opuestas, una ubicada en la porción oriental de la depresión al sureste del cerro La Chilca, en el denominado abanico El Mocho (Uliarte *et al.* 1987) y la otra situada al oeste en el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas y sur del cerro La Chilca (Fig. 2).

En el abanico El Mocho, las fallas con actividad cuaternaria se caracterizan por su trazado rectilíneo y paralelismo, con escarpas a contrapendiente que afectan dicho nivel aluvial en coincidencia con los planos de estratificación de las sedimen-

titas neógenas. Estas fallas poseen vergencia al oeste con ángulos de inclinación elevados ($>60^\circ\text{E}$).

Uliarte *et al.* (1987) realizaron estudios neotectónicos preliminares en el área del abanico El Mocho, distinguieron nueve fallas subparalelas. De éstas sólo consideraron a cinco como principales, la denominada falla el Mocho y cuatro más situadas hacia el este de la misma.

Rothis (2008) reconoció cinco fallas subparalelas, rectilíneas y con rumbo $\text{N}20^\circ\text{E}$, que afectan el abanico El Mocho (nivel Q1), con escarpas con la cara libre hacia el oeste, a excepción de la quinta, ubicada más al este en la cual la cara libre se ubica hacia el este. Cuatro de estas fallas afectan sólo el nivel aluvial más antiguo (Q1) en tanto que la falla principal continúa hacia el sur y afecta los depósitos pleistocenos del Nivel Q2. Hacia el norte del abanico El Mocho, es difícil encontrar evidencias estratigráficas de la falla al perturbar las sedimentitas de edad miocena en las cuales es enmascarada, ya que aprovecha los planos de estratificación para generar los desplazamientos.

La falla principal denominada El Mocho, es inversa con rumbo $\text{N}20^\circ\text{E}$ e inclina 70°E en promedio, llegando hasta valores cercanos a 80°E , con escarpa hacia el oeste (Fig. 3a). Esta falla afecta en superficie rocas de la Formación Albarracín (Mioceno) que sobreyacen conglomerados de edad pleistocena (Fig. 3b). Perfiles realizados a través de la escarpa, cuyas alturas alcanzan los 18 m, indican una morfología redondeada y suave, lo que revelaría la ausencia de reactivaciones holocenas (Fig. 3c).

Al sur del abanico El Mocho continúa la traza de falla principal que afecta el Nivel Q2 y sobrepone rocas de edad miocena con azimut de 39° y buzamiento de 60°E , sobre depósitos cuaternarios de este nivel (Fig. 3d). Otra falla ubicada al este de la anterior sobrepone la secuencia miocena a los niveles fanglomerádicos antiguos, con un azimut de 20° e inclinación 76°E (Fig. 2).

Una tercera falla ubicada más al oriente de la escarpa de falla principal (El Mo-

cho), también inversa, tiene un azimut de 20° y se inclina 78°E , afectando rocas del Mioceno sobre los niveles pleistocenos más antiguos (Fig. 2).

A escasos metros al oeste de la falla El Mocho se ubica la denominada falla cerro La Chilca, la cual posee una longitud de 11 km y rumbo $\text{N}15^\circ\text{E}$ (Fig. 4a). Esta falla, se ubica al sur del río de La Flecha, en la depresión ubicada entre los cerros Bachongo y Punta del Cerro por el Oeste y la loma Redonda por el este, en las proximidades del puesto La Chilca y se extiende por el sur hasta el río del Agua. Es una falla inversa que inclina entre 25° y 30° al oeste y coloca sedimentitas neógenas sobre niveles aluviales del Pleistoceno (Fig. 4b y c).

No se han podido identificar en el sector oriental de la depresión, evidencia de actividad neotectónica en la cubierta holocena ni en las terrazas actuales de los ríos y arroyos que atraviesan la región, por lo que los rasgos encontrados sugieren una baja tasa de actividad tectónica para la región durante el Pleistoceno superior-Holoceno, inferior a $0,001\text{mm/año}$ (Rothis 2008).

En el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas (Precordillera Central) y sector occidental de la pampa de Bachongo ($31^\circ45'\text{S}$ y $68^\circ55'\text{O}$), también se reconoció evidencia de fallas con actividad tectónica durante el Cuaternario (Fig. 2). Desde este cordón se extiende hacia el este su amplio piedemonte oriental, de mayor extensión areal que el piedemonte de Precordillera Oriental, vinculado a la mayor dimensión de sus cuencas hidrográficas. En este piedemonte oriental, se reconocieron dos generaciones de abanicos aluviales cuaternarios (Q2 y Q3), y un nivel actual de acumulación (Q4), correspondiente a relleno de cauces. El espesor de las cubiertas aluviales cuaternarias varía de 30 m en el sector apical-medio, hasta 10 m en la zona distal. Esta cubierta aluvial fanglomerádica, fuertemente incidida, sobreyace en el área de estudio a sedimentitas de edad carbonífera de la Formación Andapaico (Harrington 1971) y neógenas de la Formación Albarracín (Leve-

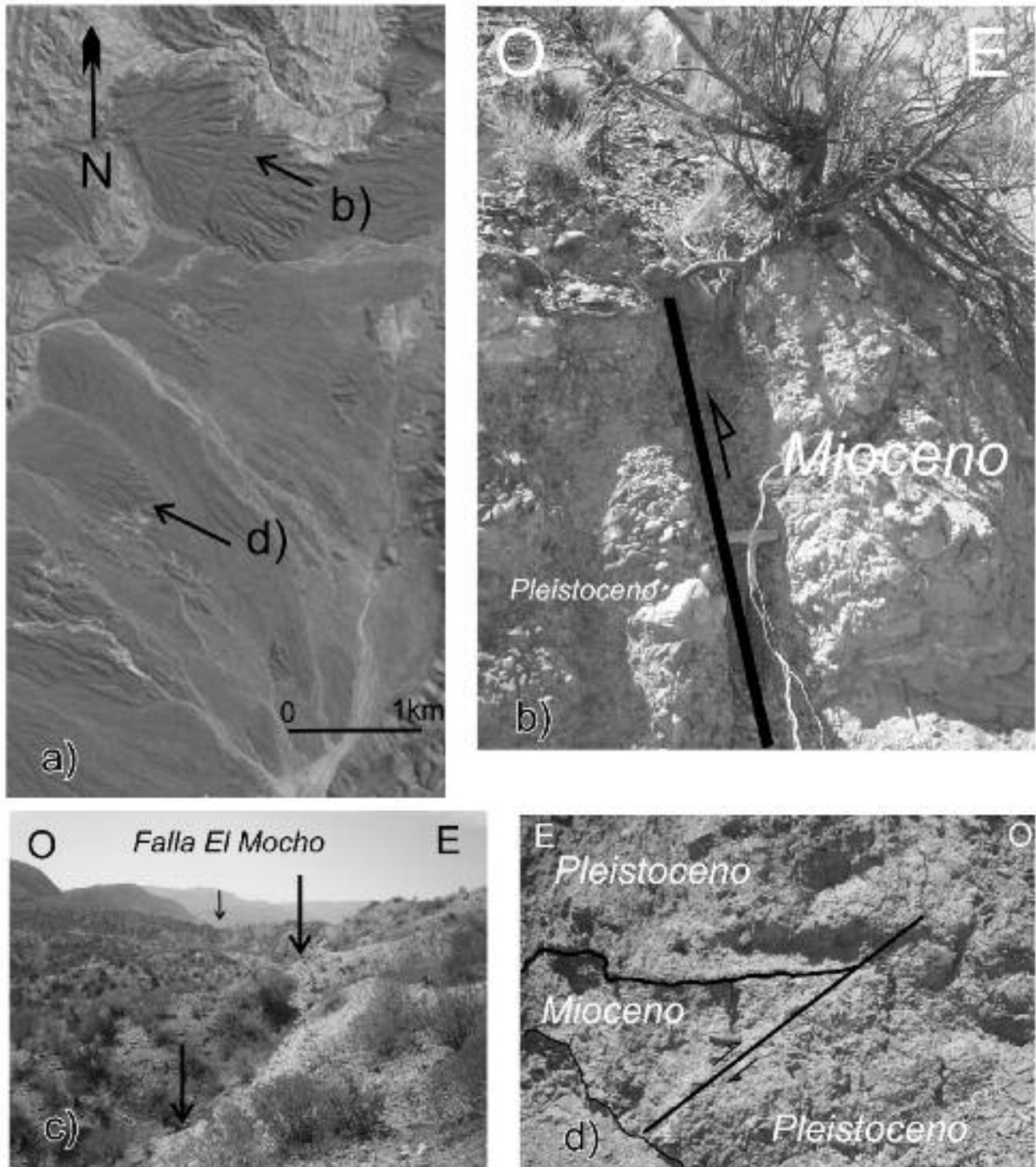


Figura 3: a) Imagen satelital con indicación de la falla El Mocho afectando distintos niveles aluviales; b) trinchera natural en el sector norte; c) escarpa de la Falla el Mocho, vista general al norte; d) trinchera ubicada en la porción sur.diadas.

ratto 1968). Fallas inversas con rumbo submeridional afectan la parte inferior o distal de los abanicos aluviales, generando escarpas con la cara libre al este cuyas alturas alcanzan los 10 m (Fig. 5a y b).

La falla ubicada más al oeste del área en estudio, denominada preliminarmente en este trabajo, falla Las Osamentas, posee un azimut de 350° e inclina 30° al oeste y sobrepone depósitos del Carbonífero so-

bre sedimentitas pleistocenas inclinadas entre 50 y 75° al oeste. Por encima, se ubican depósitos fanglomerádicos de posible edad Pleistocena superior y más arriba un nivel de suelos esqueléticos proba-

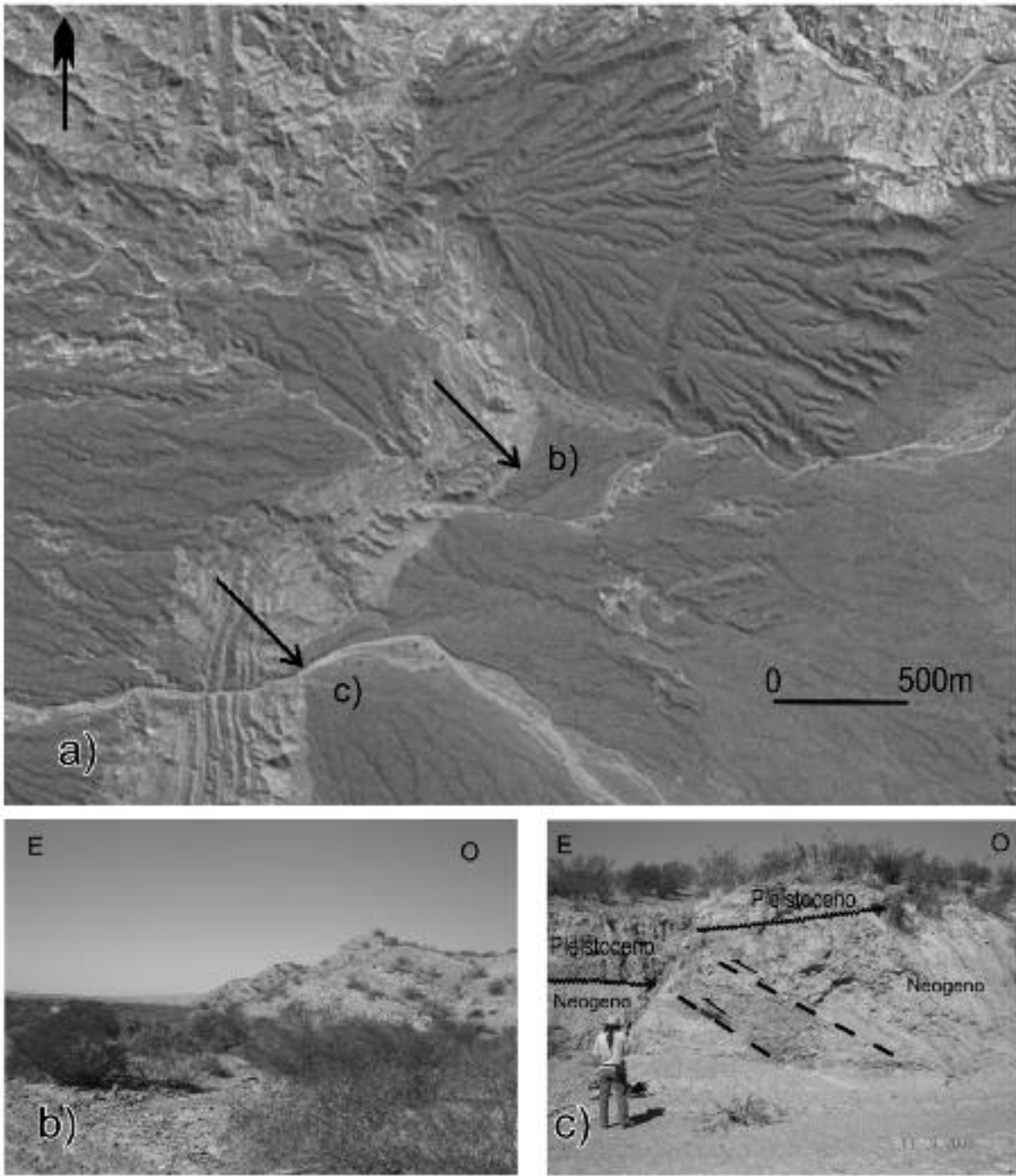


Figura 4: a) Falla Cerro La Chilca; b) frente montañoso formado por sedimentitas neógenas con vergencia oriental; c) trinchera natural en la que se aprecian las sedimentitas neógenas sobre depósitos aluviales pleistocenos.

blemente de edad holocena. Este horizonte indicaría un periodo de estabilidad tectónica para este periodo en el sector (Fig. 5c).

En un tramo ubicado más norte, la falla Las Osamentas inclina 45° al oeste y sobrepone también las sedimentitas de edad

carbonífera sobre los depósitos del Pleistoceno (Fig. 5d).

Moreiras y Banchig (2008) realizaron estudios en el piedemonte oriental de Pre-cordillera Central, en dos fallas ubicadas al norte del área de estudio y midieron para el plano de falla ubicado más al oes-

te, un rumbo N12E e inclinación 44° al oeste, con un desplazamiento vertical de 5 m y una longitud de 32 km. Estos autores reconocieron además un segundo tramo al este del principal, con una falla inversa afectando una secuencia aluvial cuaternaria de 20 m de espesor que inclina

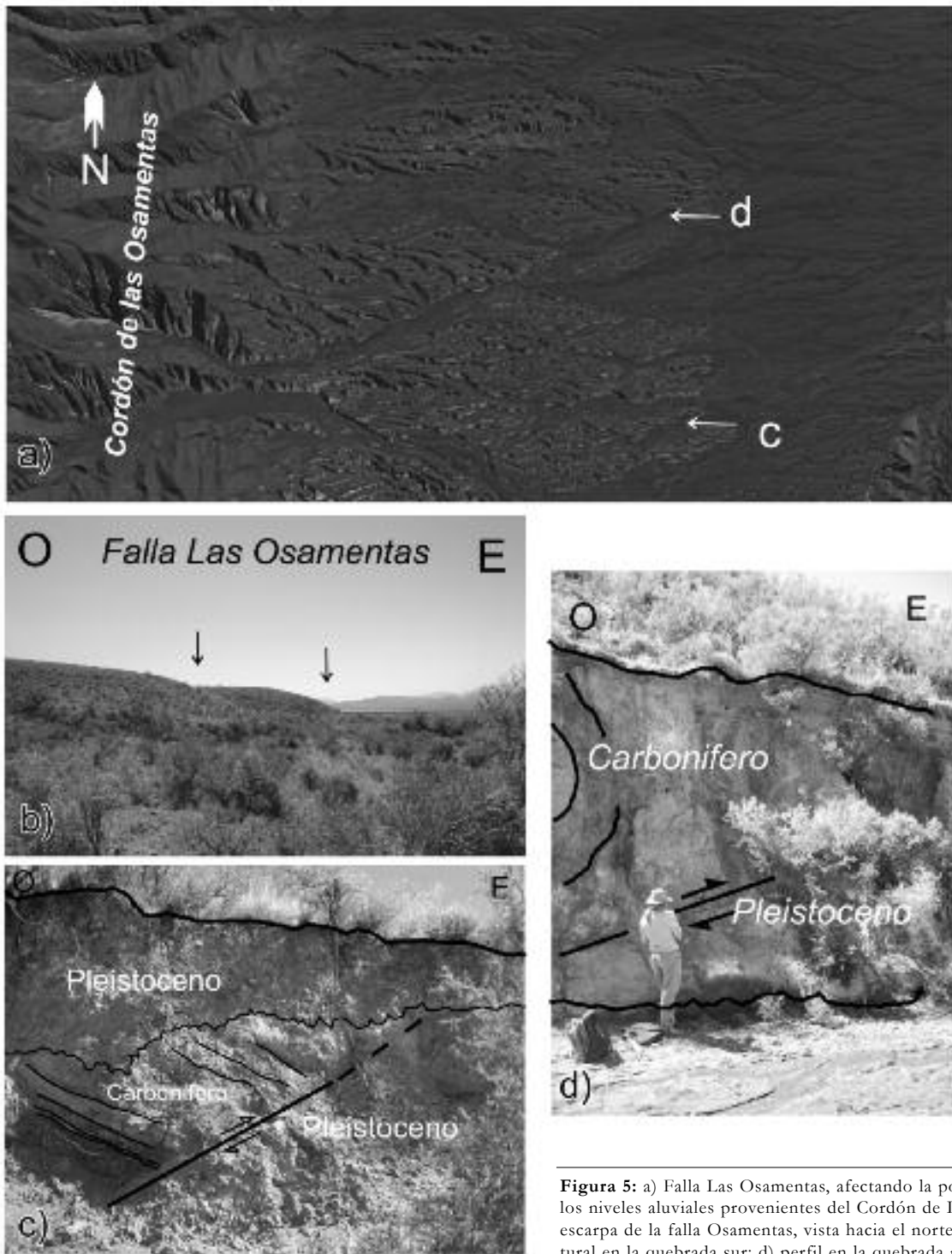


Figura 5: a) Falla Las Osamentas, afectando la porción distal de los niveles aluviales provenientes del Cordón de Las Osamentas; b) escarpa de la falla Osamentas, vista hacia el norte; c) trinchera natural en la quebrada sur; d) perfil en la quebrada norte.

20° al oeste. Consideraron ambos tramos como pertenecientes al sistema de fallamiento Maradona, (Amos 1954, Amos *et al.* 1981, Bastias *et al.* 1984, Perucca 1990, Perucca *et al.* 1990 y Moreiras y Banchig 2008) reconocido al oeste de la pampa de Maradona.

A partir del desplazamiento de los niveles aluviales (Q2) ubicados en el flanco oriental de Precordillera Central, Bastias *et al.* (1984) consideraron una edad pleistocena media inferior para la falla Maradona. Los depósitos aluviales (Q1) afectados por la falla El Mocho pueden ser considera-

dos de edad pleistocena inferior, por corresponder a un nivel más antiguo que el nivel Q2 ubicado en el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas. Al norte del área de estudio, en la depresión de Matagusanos (Fig. 6a), el cambio en la vergencia de las estructuras se pro-

duce a escasos 1,5 km al este de los cordones montañosos de Precordillera Central (Paredes y Perucca 2000). Costa *et al.* (1999) reconocieron fallas subparalelas en el flanco occidental de la depresión, con vergencia al oeste y elevados ángulos de inclinación en la superficie. Estos autores señalaron que estas estructuras no serían superficies de ruptura primarias sino el resultado de desplazamientos entre los planos de estratificación.

Al sur del río San Juan, en el valle de Zonda, Gardini (1993) realizó un perfil estructural balanceado en el que ubica estructuras regionales profundas al este, en la sierra Chica de Zonda, con fallas que incluyen basamento y estructuras más superficiales al oeste en Precordillera Central (Fig. 6b).

En el sector ubicado al sur del río del Agua, Giampaoli y Cegarra (2003) interpretaron que la estructura regional en el área consiste en un abanico imbricado de pliegues por propagación de falla y corrimientos fuera de secuencia relacionados al levantamiento de las estructuras de la Precordillera Oriental. Ubicaron el nivel de despegue principal cerca del techo de la caliza de la Formación San Juan.

Al sur de los 32°S, Ahumada y Costa (2009) también identificaron en la región donde interactúa la Precordillera Oriental, Central y Meridional una zona triangular. Señalaron que al norte de los 32°S, la deformación cuaternaria se refleja en corrimientos con vergencia al oeste y rumbo NNE, pertenecientes a Precordillera Oriental, mientras que al sur de los 32°S, predominan los corrimientos con vergencia al este y rumbo NNO, relacionados con la Precordillera meridional. 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.

DISCUSIÓN

El corredor tectónico Matagusanos-Maradona-Acequión (Perucca 1990) es una depresión tectónica elongada y de rumbo

N a NNE en su porción austral, ubicada en la porción centro-sur de la provincia de San Juan, entre las unidades morfoestructurales de Precordillera Central por el oeste y Precordillera Oriental por el este. Este corredor tectónico separa dos ambientes estructurales diferentes, uno oriental en donde fallas inversas poseen escarpas con la cara libre al oeste y vergencia occidental y otro al oeste donde las escarpas miran al este y poseen vergencia oriental (Perucca 1990, Siame *et al.* 2006).

Sobre la base del conocimiento existente en otros sectores del denominado corredor (Paredes y Perucca 2000, Costa *et al.* 1999, Gardini 1993, Giampaoli y Cegarra 2003, Ahumada y Costa 2009, entre otros autores citados) en el área analizada en este trabajo ubicada entre el río de La Flecha y el río del Agua, se interpretaron los siguientes resultados (Fig. 6c):

En el borde oriental de la depresión; la falla regional Zonda eleva el cordón calcáreo llamado Loma Redonda. Esta falla posee vergencia occidental, es profunda e involucraría basamento elevándolo cerca de la superficie (Comínguez y Ramos 1991, von Gosen 1992). En Precordillera Central, por el contrario, el cordón de las Osamentas se caracteriza por tener su frente montañoso elevado por una falla con vergencia al este que inclina al oeste con ángulos entre 40-50°. Este frente montañoso se caracteriza por su trazado marcadamente rectilíneo y desarrollo de espolones facetados, indicadores de actividad tectónica cuaternaria reciente. Se destacan además las fallas Las Osamentas y las que afectan por el este el cordón del Infiernillo y cerro Bachongo todas con vergencia oriental.

Desde el punto de vista estructural, la Precordillera Oriental es un sistema de piel gruesa (*thick skinned system*) que involucra al basamento en su deformación y por lo tanto las fallas con actividad tectónica cuaternaria en el área de estudio y vergencia al oeste constituirían el reflejo superficial de los esfuerzos tectónicos que afectan al basamento. Por el contrario, las estructuras ubicadas al oeste de la depresión de Maradona-Bachongo, responden

al estilo tectónico de Precordillera Central, de piel fina (*thin skinned system*), con corrimientos con vergencia occidental.

La zona ubicada entre los dos sistemas de corrimiento con vergencias opuestas, Precordillera Central y Oriental, corresponderían a una zona triangular de piel gruesa (*thick skinned triangle zone*) como el modelo propuesto por Zapata y Allmendinger (1996, 1997) en un área ubicada al norte del sitio de estudio (30°S). Paredes y Perucca (2000) reconocen también una zona triangular en la depresión de Matagusanos, mientras que Gardini (1993) ubica la zona triangular en valle de Zonda, al norte del área analizada en este trabajo. Por otra parte, este estilo también continúa al sur, según lo descrito por Ahumada y Costa (2009).

Las fallas reconocidas en el área del abanico El Mocho y su prolongación hacia el sur, entre los ríos de La Flecha y del Agua, muestran similares características que las reconocidas en Matagusanos por Paredes *et al.* (1997), Costa *et al.* (1999) y Paredes y Perucca (2000), esto es, fallas inversas subparalelas de alto ángulo en superficie y que inclinan al este, coincidentes con la estratificación de las sedimentitas neógenas. Por otro lado, las fallas ubicadas en este trabajo en el piedemonte oriental del cordón de Las Osamentas y las reconocidas por Moreiras y Banchig (2008) en los niveles aluviales del cordón Paramillos del Tontal y Puesto Papagallos, al norte del área de estudio, corresponden a fallas inversas de bajo ángulo con vergencia al este.

Paredes y Perucca (2000), señalaron en la depresión de Matagusanos un desplazamiento de la zona triangular hacia el este, limitados al norte por el lineamiento Pie de Palo Norte y la megafactura Salinas Grandes por el sur (Fig. 7a).

Se postula en este trabajo la probabilidad de que el área de estudio, ubicada entre los ríos de La Flecha y del Agua, haya sufrido de manera similar a la depresión de Matagusanos aunque en menor escala, un desplazamiento hacia el este de la zona triangular, posiblemente por el avance más rápido hacia el oeste de un bloque de

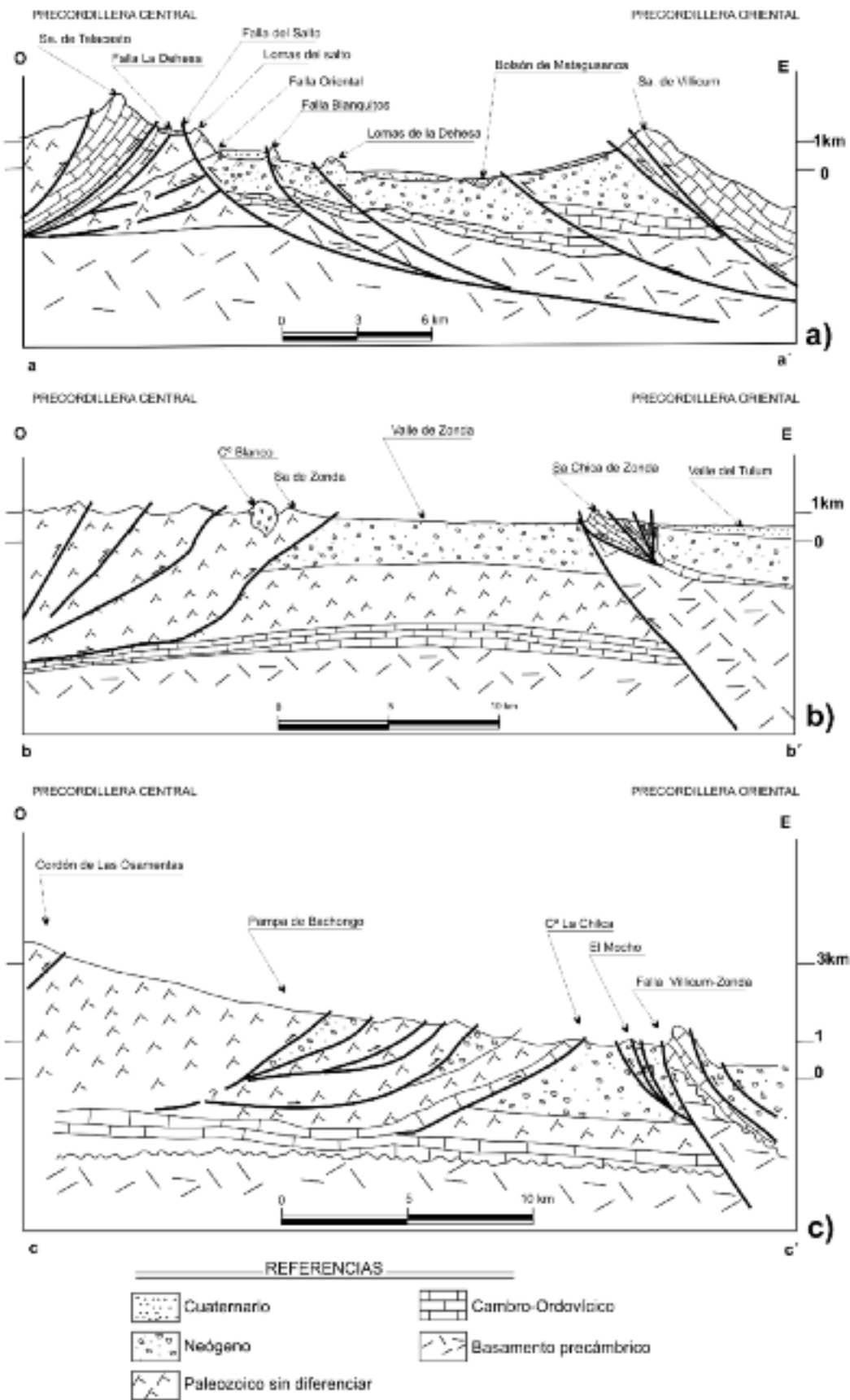


Figura 6: Perfiles estructurales esquemáticos: a) Matagusanos; b) sierra Chica de Zonda; c) área cerro La Chilca.

basamento paleozoico que podría estar marginado al norte por la falla La Flecha (Rossa *et al.* 1986) y al sur por la falla Guanacache (Zambrano y Suvires 2008) (Fig. 7b).

Al oeste de la sierra Chica de Zonda, la falla La Flecha desplaza dextralmente unidades paleozoicas con al menos 400m de desplazamiento en las sedimentitas del Plioceno-Pleistoceno. Con información de perforaciones y geoléctrica Zambrano *et al.* (2005) comprobaron que esta falla continúa en el subsuelo del valle hacia el sureste a lo largo de varios kilómetros. Por su parte, la falla Guanacache, paralela a la anterior, posee un trazado más o menos coincidente con el río del Agua. También a partir de información de perforaciones y geofísica, Zambrano *et al.* (2005) notaron que la falla Guanacache continúa hacia el este en el subsuelo del valle del Tulum (Fig. 7b).

Estas fallas transversales al sistema norte-sur son directas o verticales, por sus relaciones con la dirección de los esfuerzos compresivos. Probablemente tengan diversos valores de desplazamiento de rumbo, como estaría comprobado en superficie y en el subsuelo, en las orientadas al ONO (Zambrano y Suvires 2008).

CONCLUSIÓN

Las áreas de fallamiento reconocidas en la depresión ubicada al sur del río de La Flecha se ubican dentro del corredor tectónico Matagusanos-Maradona-Acequión. Poseen un estilo tectónico con vergencia opuesta, 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 Central (sistema de falla Maradona, falla Las Osamentas y otras), poseen vergencia oriental. La depresión analizada en este trabajo muestra similitudes con la descrita por Paredes y Perucca (2000) para el valle de Matagusanos, al norte del río San Juan. El eje de la zona triangular en la que se habría producido durante el Cuaternario la interacción entre los dos sistemas con

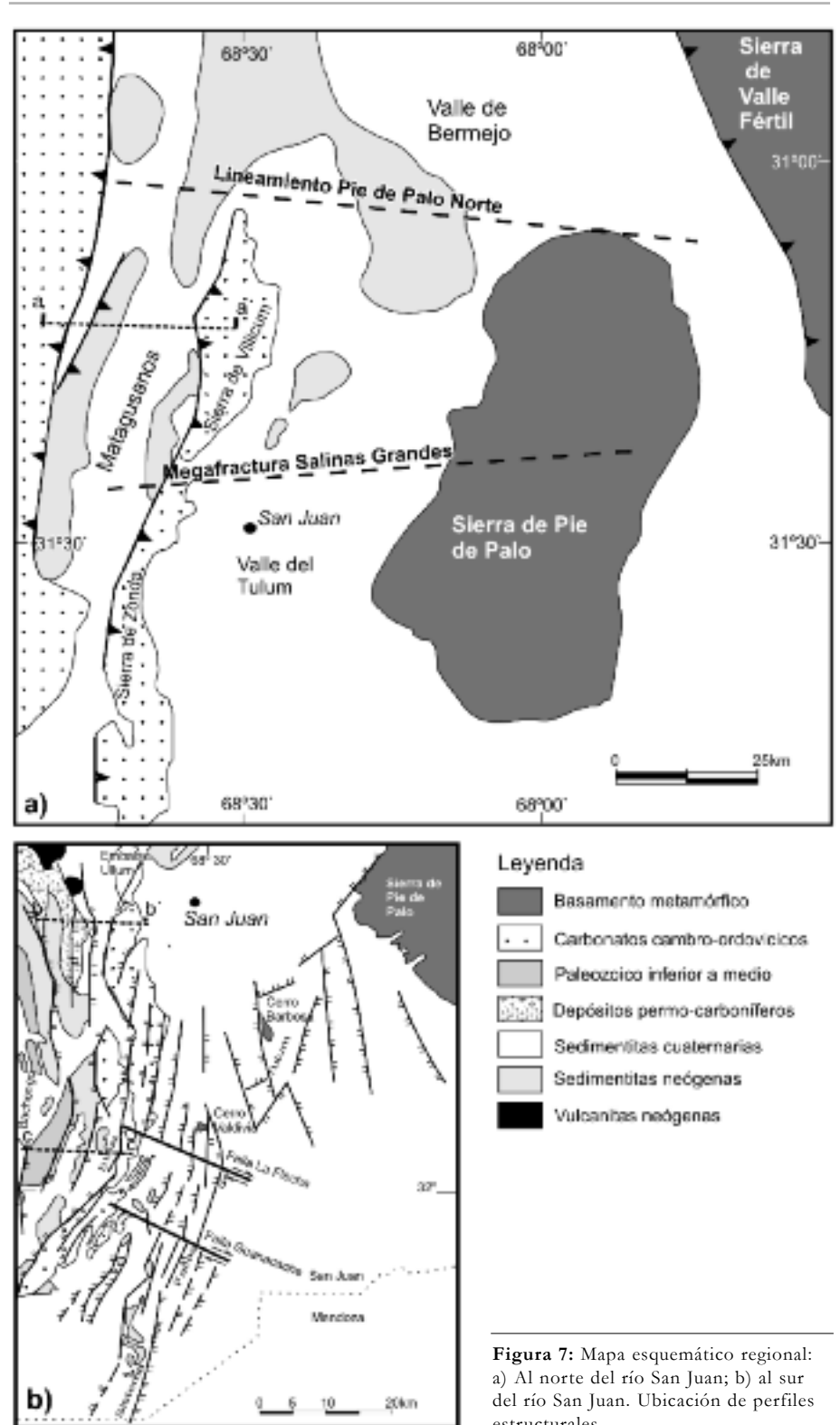


Figura 7: Mapa esquemático regional: a) Al norte del río San Juan; b) al sur del río San Juan. Ubicación de perfiles estructurales.

vergencias opuestas, Precordillera Central y Oriental, 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. De esta manera, se observa un cambio en la posición del eje alternativa-

mente hacia el este u oeste, en el sentido norte-sur del mencionado corredor tectónico.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada con fondos del proyecto PIP 0799-2010 (CONICET). Se agradece a los revisores, Dres. V. Ramos y C. Costa, por sus valiosas sugerencias que contribuyeron al mejoramiento de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ahumada, E. y Costa, C. 2009. Antithetic linkage between oblique Quaternary thrusts at the Andean front, Argentine Precordillera. *Journal of South American Earth Sciences* 28(3): 207-216.
- Allmendinger, R., Figueroa, D., Snyder, D., Beer, J., Mpodozis C. e Isacks, B. 1990. Foreland shortening and crustal balancing in the Andes at 30°S latitude. *Tectonics* 9(4): 789-809.
- Amos, A. 1954. Estructuras de las formaciones paleozoicas de la Rinconada, Pie Oriental de la sierra Chica de Zonda, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 9(1): 3-32.
- Amos, J., Caligari, R. y Siches, C. 1981. Las fallas activas en la República Argentina. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 235-242, Buenos Aires.
- Baldis, B. y Chebli, G. 1969. Estructura profunda del área central de la Precordillera sanjuanina. 4° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 47-65, Mendoza.
- Bastias, H., Weidmann, N. y Perez, M. 1984. Dos zonas de fallamiento Plio-Cuaternario en la Precordillera de San Juan. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 329-341, S. C. Bariloche.
- Bodenbender, G. 1902. Contribución al conocimiento de la Precordillera y de las Sierras Centrales de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*, 18: 203-264, Córdoba.
- Braccacini, O. 1946. Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera Sanjuanino-Mendocina. *Boletín de Informaciones Petroleras*: 258-264, Buenos Aires.
- Castellanos, A. 1945. Cuatro Lecciones sobre terremotos. Parte B: El terremoto de San Juan. Asociación Cultural de Conferencias de Rosario. Publicación 6: 77-243, Rosario.
- 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.
- Comíngues, A. y Ramos, V. 1991. La estructura profunda entre Precordillera y Sierras Pampeanas de la Argentina: evidencias de la sísmica de reflexión profunda. *Revista Geológica de Chile* 18: 3-14.
- Figueroa, D. y Ferraris, O. 1989. Estructura del margen oriental de la Precordillera Mendocina- Sanjuanina. 1° Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 515-529, Buenos Aires.
- 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.
- Harrington, H. 1971. Descripción geológica de la Hoja 22c, Ramblón, provincias de Mendoza y San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 114: 1-81, Buenos Aires.
- 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(1): 11-70.
- Jordan, T. y Gardeweg, M. 1987. Tectonic evolution of the late Cenozoic Central Andes. En Ben Avraham, Z. (ed.) *Mesozoic and Cenozoic Evolution of the Pacific Margins*, Oxford University Press, p. 193-207, Nueva York.
- Jordan, T.E., Schlunegger, F. y Cardozo, N. 2001. Unsteady and spatially variable evolution of the Neogene Andean Bermejo foreland basin, Argentina. *Journal South American Earth Sciences* 14: 775-798.
- Jordan T.E., Allmendinger R.W., Damati J.F. y Drake R.E. 1993. Cronology of motion in a complete thrust belt: the Precordillera, 30-31°S, Andes Mountains. *Journal of Geology* 101: 137-158.
- Jordan, T.E., Isacks, B., Allmendinger, R.W., Bremer, J., Ramos, V. y Ando, C. 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin* 94: 341-361.
- Kay, S.M. y Mpodozis, C. 2002. Magmatism as a probe to the Neogene shallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flat-slab. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 39-59.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V.A. y Muni-zaga, F. 1991. Magma source variations for mid-late Tertiary magmatic rocks associated with shallowing zone and thickening crust in the central Andes (28° to 33°S). En Harmon, R.S. y Rapela, C.W. (eds.) *Andean magmatism and its tectonic setting*. Geological Society of America, Special Paper 265: 113-137.
- Kendrick, E., Bevis, M., Smalley Jr., R., Brooks, B., Vargas, R.B., Lauría, E. y Fortes, L. 2003. The Nazca-South America Euler Vector and its Rate of Change. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 125-131.
- Leveratto, M. 1968. Geología de la zona al oeste de Ullún-Zonda, borde oriental de la Precordillera de San Juan, eruptividad subvolcánica y estructura. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23(2): 129-157.
- Moreiras, S. y Banchig, A. 2008. Further evidences of Quaternary activity of the Maradona faulting, Precordillera Central, Argentina. 7th International Symposium on Andean Geodynamics, Resumen Expandido: 344-347, Niza.
- 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(1-2): 23-30.
- Paredes, J., Perucca, L. y Tello, G. 1997. Fallamiento Cuaternario en el área Blanquitos, departamento Ullum. 2° Jornadas de Geología de Precordillera, Actas 1: 168-173, San Juan.
- Perucca, L. 1990. Sistema de fallamiento La Dhesa-Maradona-Acequión, San Juan, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 431-434, San Juan.
- Perucca L., Sanches A. y Uliarte E. 1990. Morfo-tectónica en la zona norte del corredor tectónico Matagusanos-Maradona-Acequión, San Juan, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino Actas 2: 435- 438, San Juan.

- Pilger, R.H. 1981. Plate reconstructions, aseismic ridges, and low angle subduction beneath the Andes. *Geological Society of America, Bulletin* 92: 448-456.
- Ramos, V. 1988. The tectonics of the central Andes: 30° to 33° S latitude. En Clark, S. y Burchfield, D. (eds.) *Processes in Continental Lithospheric Deformation*, Geological Society of America, Special Paper 218: 31-54.
- Ramos, V. 1999. Las provincias geológicas del territorio Argentino. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29(12): 41-96.
- Ramos, V.A., Cegarra, M.I., Lo Forte, G. y Comínguez, A. 1997. El frente orogénico de la sierra de Pederal (San Juan, Argentina): su migración a través de los depósitos sinorogénicos. 8° Congreso Geológico Chileno, *Actas* 3: 1709-1713, Antofagasta.
- Rossa, N., Uliarte, E. R. y Vaca, A. 1986. Magmatismo traquítico en Precordillera Oriental. 1° Jornadas sobre Geología de Precordillera, *Actas*: 337-340, Buenos Aires.
- Rothis, M. 2008. Análisis neotectónico en el área del abanico El Mocho, Departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Juan, (inédito), 94 p., San Juan.
- 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(4): 604-619.
- Stappenbeck, R. 1910. La Precordillera de San Juan y Mendoza. Ministerio de Agricultura de la Nación, sección Geología, *Anales* 4(4): 1-187, Buenos Aires.
- Tello, G. y Perucca, L. 1993. El sistema de fallamiento Precordillera Oriental y su relación con los sismos históricos de 1944 y 1952, San Juan, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino *Actas* 3: 258-265, Mendoza.
- Uliarte, E., Bastias, H. y Ruzycki, L. 1987. Morfología y Neotectónica en el cerro La Chilca, Pederal. San Juan. 10° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 1: 227-230, Tucumán.
- Vaca, A. 1977. Contribución al conocimiento geológico del área cordón de La Flecha-cerro Valdivia, provincia de San Juan. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Juan, (inédito), 107 p., San Juan.
- Vigny, C., Rudloff, A., Ruegg, J.C., Madariaga, R., Campos, J., y Alvarez, M. 2009. Upper plate deformation measured by GPS in the Coquimbo gap, Chile. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 175: 78-85.
- von Gosen, W. 1992. Structural evolution of the Argentine Precordillera: the Río San Juan section. *Journal of Structural Geology* 14 (6): 643-667.
- Zambrano, J.J., Victoria, J.A. y Di Chiacchio, J.C. 2005. Fallas y cuencas de agua subterránea al este de la Precordillera Oriental en el sur sanjuanino. 20° Congreso Nacional del Agua y 3° Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, *Actas*: 1-15, Mendoza.
- Zambrano J.J. y Suvires G. 2008. Actualización en el límite entre Sierras Pampeanas occidentales y Precordillera Oriental, en la provincia de San Juan, *Revista Asociación Geológica Argentina* 63 (1): 110-116.
- Zapata, T. R. y Allmendinger, R. W. 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 (2): 115-131.

Recibido: 26 de noviembre, 2009.

Aceptado: 15 de noviembre, 2010.