

NEOTECTÓNICA Y SISMICIDAD EN EL SECTOR NORTE DE LA DEPRESIÓN DE TUNUYÁN, PROVINCIA DE MENDOZA

Laura PERUCCA¹, Adriana E. MEHL² y Marcelo A. ZÁRATE²

¹ CONICET, Gabinete de Neotectónica. INGEN-FCFyN, Universidad Nacional de San Juan, San Juan. E-mail: lperucca@unsj-cuim.edu.ar

² CONICET, Departamento de Ciencias Naturales. FCEyN-Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa. E-mail: adriana-mehl@gmail.com, mzarate@exactas.unlpam.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar las fallas ubicadas en las lomas del Jaboncillo, del Peral y Sola del Diablo, en el extremo noroeste de la depresión de Tunuyán y su posible actividad tectónica durante el Pleistoceno tardío-Holoceno. En la loma Sola del Diablo (sector norte de las lomas del Peral) se ubicaron dos fallas inversas con vergencia al este que sobreponen sedimentitas indiferenciadas del Neógeno sobre depósitos fanglomerádicos de la Formación Los Mesones (Pleistoceno inferior, Polanski 1963). En las lomas del Jaboncillo se identificaron tres escarpas de rumbo submeridional que miran al oeste, la de mayor desarrollo se ubica al este y se denomina falla Chupasangral. No fue posible determinar la cinemática de estas fallas aunque se infiere un carácter inverso para las mismas. No se han podido reconocer rasgos de actividad neotectónica en la cubierta eólica mantiforme holocena (Formación El Zampal) que circunda las lomadas analizadas. Las fallas observadas no afectarían a las unidades holocenas presentes en el área ni estarían asociadas con la sismicidad actual. Sin embargo, constituyen fuentes sismogénicas potenciales para la región mendocina.

Palabras clave: *Mendoza, Tunuyán, Piedemonte andino, Neotectónica, Pleistoceno-Holoceno, Sismicidad.*

ABSTRACT: *Neotectonic and seismicity in the northern portion of Tunuyán Depression, Mendoza province.* This paper is focused on a series of faults occurring in the NW Tunuyán depression (localities of Lomas del Jaboncillo, Loma del Peral, Loma Sola del Diablo) and its possible tectonic activity during the late Pleistocene-Holocene. Two east verging reverse faults were found in Loma Sola del Diablo (northern sector of Lomas del Peral) which caused the superposition of undifferentiated Neogene sediments on top of fanglomeradic deposits of Los Mesones Formation (lower Pleistocene, Polanski 1963). Three scarps of nearly N-S trend that face west were identified at Lomas del Jaboncillo, the largest situated eastward being known as Chupasangral fault. The cinematic of these faults was inferred to be reverse. No neotectonic activity was identified in the Holocene eolian cover (El Zampal Formation) which surrounds the studied elevations. The faults analyzed do not apparently affect the Holocene deposits and seem not to be related with present seismicity, although they constitute a potential seismogenic source for the studied area.

Keywords: *Mendoza, Tunuyán, Andean piedmont, Neotectonic, Pleistocene-Holocene, Seismicity.*

INTRODUCCIÓN

Las condiciones ambientales de la depresión de Tunuyán (Valle de Uco), ubicada a los 33° 20' S y 69° 15' O en el piedemonte oriental del Cordón del Plata, porción meridional de los Andes Centrales (Fig. 1), son el resultado de la interacción de distintos sistemas de circulación atmosférico. Por tal motivo, constituye un área de interés para el estudio de los cambios climáticos acaecidos hacia fines del Pleistoceno y de las fluctuaciones climáticas ocurridas durante el Holoceno. En los últimos años, estudios llevados a cabo en el marco de un proyecto interdiscipli-

nario (Zárate 2002, Zárate y Paéz 2002, Zárate y Mehl 2008) muestran que los depósitos aluviales de los arroyos La Estacada y Anchayuyo, estudiados por Polanski (1963), poseen una resolución estratigráfica adecuada para analizar el lapso Pleistoceno tardío-Holoceno y Holoceno. Los depósitos de mayor antigüedad relativa (Pleistoceno tardío-Holoceno temprano) integran una unidad geomorfológica de amplia extensión areal denominada *planicie de agradación regional*; los del Holoceno medio-tardío corresponden a una *terrazza de relleno aluvial*. Por último los sedimentos aluviales más recientes, posteriores a los 700 años ¹⁴C AP, se encuen-

tran en la planicie de inundación actual de la cuenca de los arroyos La Estacada y Anchayuyo (Zárate y Mehl 2008).

Los pulsos de agradación / degradación aluvial en la cuenca analizada podrían ser el resultado de respuestas a cambios o fluctuaciones climáticas, respuestas complejas del sistema fluvial o bien actividad tectónica. Uno de los objetivos generales del proyecto en marcha es establecer cuáles de estos factores pueden haber intervenido en la reactivación de los sistemas fluviales. Con tal propósito la neotectónica constituye una de las líneas de investigación desarrolladas. Dado que los cursos fluviales analizados exhiben control

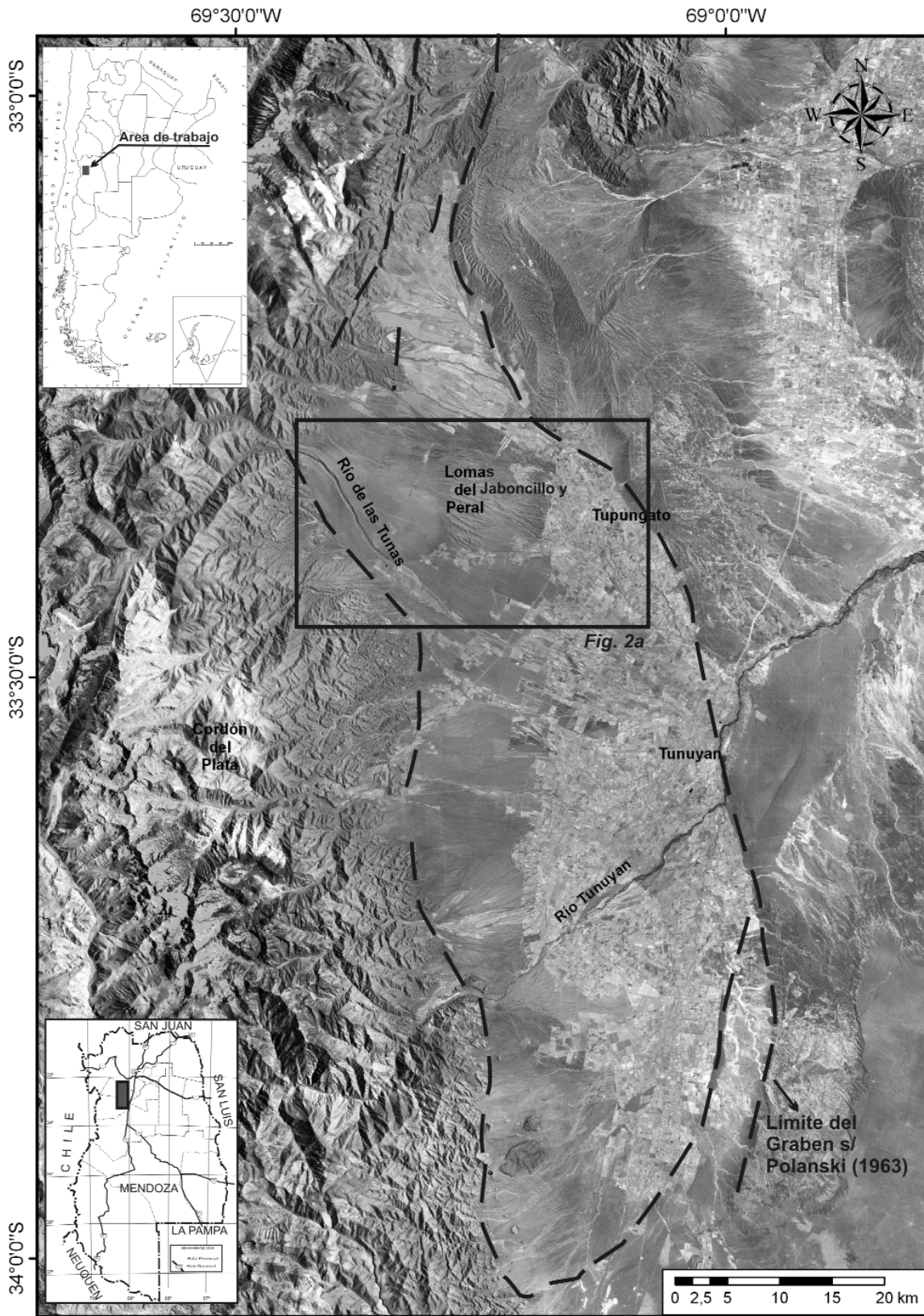


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

estructural, el estudio se ha centralizado inicialmente en la actividad de las estructuras de falla de la depresión de Tunuyán durante el Cuaternario tardío. El arroyo La Estacada y su tributario el Anchayuyo, corren cercanos a la traza de falla que margina por el noreste la depresión de Tunuyán, conocida como falla del Totoral (Polanski 1963). En las barrancas de los cursos citados, así como en las inmediaciones de su desembocadura con el río Tunuyán, que en su tramo medio corre a lo largo de la traza de falla denominada Negro de Capiz (Polanski 1963), no se han podido encontrar estructuras que denoten actividad tectónica. Sin embargo, rasgos de deformación tectónica son mencionados por Polanski (1963) en las lomas del Jaboncillo (Gualtallary) y del Peral. De acuerdo con Irigoyen (1993) estas lomas corresponden a dos estructuras de plegamiento. Por su parte, García (2004) y García *et al.* (2005) determinan que la estructura de las lomas corresponde a anticlinales formados a partir de un corrimiento de muy bajo ángulo que involucra en la deformación a depósitos sedimentarios cenozoicos; mencionan además la existencia de actividad neotectónica hasta quizás el Holoceno. Esta contribución da a conocer los primeros resultados obtenidos en el sector norte de la depresión de Tunuyán. Para ello se ha efectuado el reconocimiento de campo y descripción de las fallas, análisis de la sismicidad histórica, revisión de las interpretaciones propuestas, y evaluación de la cronología asignada a las unidades estratigráficas afectadas por fallas. Finalmente se efectúan consideraciones generales referidas en particular al lapso Pleistoceno tardío-Holoceno.

MARCO TECTÓNICO Y GEOLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Tectónica y neotectónica

La región oeste de Sudamérica posee una compleja morfología, con un margen occidental activo, en el cual la topografía y sismicidad reflejan la deriva de las placas

de Nazca, Antártida y Sudamérica. Esta convergencia comenzó hace aproximadamente 200 millones de años con la subducción de sucesivas placas oceánicas hacia el este por debajo de la placa Sudamericana y un desplazamiento al oeste del contacto océano-continente a una velocidad absoluta actual de 2,2 cm/año, aunque las velocidades en distintas épocas variaron tanto en magnitud como en direcciones (Uyeda y Kanamori 1979).

Entre los 28° y 32° Sur, la placa de Nazca se introduce por debajo de la Sudamericana con actitud subhorizontal a unos 100 km de profundidad, a una tasa de 6,3 cm/año (Pardo Casas y Molnar 1987, Somoza 1998, Kendrick *et al.* 2003). Esta subhorizontalización se inició entre los 8 y 10 Ma (Jordan *et al.* 1983, Jordan y Gardeweg 1987, Kay *et al.* 1991). Si bien se registran numerosos sismos a profundidades cercanas a los 100 km que delinean la posición de la placa, los principales terremotos destructivos se ubican a profundidades menores, en ambiente de intraplaca.

En esa franja latitudinal se concentra gran parte de las deformaciones cuaternarias conocidas en la Argentina, las que muestran distintos grados de actividad. En este ambiente de intraplaca se produjeron los terremotos destructivos más importantes del país, como los terremotos de Mendoza de 1782 (Ms 6.7-7.2) y 1861 (Ms 7.2) y los de San Juan 1944 (Ms 7.4) y 1977 (Ms 7.4). Sin embargo, los estudios efectuados hasta el presente no muestran una clara correlación entre sismicidad y fallamiento cuaternario.

Entre los 31° y 33° de latitud sur se encuentra la transición entre el modo de subducción de la placa subhorizontal a normal. En la región existe una gran variedad de rasgos morfotectónicos que resultan de la acción de un régimen tectónico no uniforme en el espacio durante el Neógeno y Cuaternario, sobre un antepaís y margen cordillerano caracterizado por la distribución heterogénea de anisotropías mecánicas (Cortés *et al.* 2006).

Al sur de los 33° S, el ángulo de subducción de la placa de Nazca es normal

(~30°), se desarrolla una faja andina estrecha cuyos rasgos neotectónicos se caracterizan por pliegues de propagación de falla y fallas con actividad durante el Cuaternario en el piedemonte de la Cordillera Frontal (Polanski 1963, Bastias *et al.* 1993, Cortés *et al.* 1999). En este sector la sismicidad disminuye notablemente, registrándose sólo eventos superficiales y de profundidad intermedia de baja magnitud.

De acuerdo con Polanski (1963) en el sector de estudio se reconocen de oeste a este las siguientes unidades geomorfológicas principales: la Cordillera Frontal, el Graben de Tunuyán y las Huayquerías Pedemontanas. Este autor indicó que con posterioridad a la acumulación de la Asociación Piroclástica Pumícea durante el Pleistoceno superior, se generaron fallas normales en el frente cordillerano y en la zona pedemontana que habrían originado la depresión conocida como Graben de Tunuyán.

Posteriormente otros autores vinculan la cinemática de las fallas descritas en la Cordillera Frontal (Camino 1965 y 1979, Ramos 1999) y en el borde occidental de la estructura Cacheuta-Tupungato (Ploszkiewicz 1993, Devizia 1993, Legarreta *et al.* 1992, Ramos 1999), con movimientos inversos y no normales como los definió Polanski (1963). Por tal motivo, en un sentido amplio la unidad deprimida correspondiente al Graben de Tunuyán es denominada "depresión de Tunuyán".

De acuerdo con Bastias *et al.* (1993) y Perucca y Bastias (2006) el área de estudio se ubica en la porción norte de la región Sismotectónica Surmendocina, al sur de la región Sismotectónica Precordillera; su límite norte es el lineamiento Tunuyán, con rumbo noroeste-sureste.

Esta región abarca la porción centro y sur de la provincia de Mendoza y el área pedemontana de la Cordillera Frontal. A diferencia de la región sismotectónica Precordillera, posee una sismicidad moderada y un vulcanismo posiblemente vinculado con las zonas de fracturación moderna (Perucca y Bastias 2006). La es-

estructura regional de la faja está definida por fallas inversas de alto ángulo y corrimientos con vergencia oriental asociados con fallas antitéticas que delimitan lomas y/o serranías como las del Jaboncillo y Peral, analizadas en este trabajo, constituidas por sedimentitas neógenas y cuaternarias (pleistocenas) plegadas. Constituye una región con deformaciones neotectónicas compartidas por distintas unidades morfotectónicas (Cortés *et al.* 2006), entre ellas la depresión de Tunuyán y las Cerrilladas Pedemontanas, descritas por Polanski (1963, 1972) y Bastias *et al.* (1993). En el límite occidental de la depresión de Tunuyán se ubica el sistema de fallas La Carrera (Caminos 1965, Polanski 1963, Cortés 1993), con inclinación al oeste que levanta el bloque de Cordillera Frontal.

ESTRATIGRAFÍA REGIONAL Y LOCAL

La estratigrafía de la región se caracteriza por la presencia de un basamento paleozoico fuertemente plegado y fracturado, sedimentitas mesozoicas y una cubierta neógena de gran espesor (Polanski 1963). En el ámbito de la depresión de Tunuyán, Polanski (1963) reconoce dos unidades geomorfológicas, la *Bajada joven al graben de Tunuyán* en su borde occidental y la *Planicie loésica* hacia el este. En la primera (pedemonte oriental de los Cordones del Plata y Portillo), de unos 100 km de extensión meridional y anchura variable, se reconocen depósitos aluviales fanglomerádicos, que conforman las Formaciones Los Mesones (Pleistoceno inferior), La Invernada (principios del Pleistoceno superior) y Las Tunas (Pleistoceno superior). Esta última unidad constituye la superficie tope de la bajada y desaparece debajo de los sedimentos de la planicie loésica (Polanski 1963). Esencialmente la asignación temporal efectuada por Polanski (1963) se basó en el modelo vigente entonces de 4 glaciaciones del hemisferio norte, y en menor medida en criterios tectónicos. Cabe aclarar que la ubicación cronoestratigráfica de las unidades

es aún incierta y muy tentativa, ya que se carece tanto de edades numéricas como de registro fósil que permitan ajustar sus respectivas cronologías.

Los niveles fanglomerádicos de mayor antigüedad relativa (Formación los Mesones) están fuertemente disectados y ocupan las posiciones topográficas más elevadas del piedemonte en la proximidad del frente montañoso. Su asignación al Pleistoceno inferior se basó en la relación estratigráfica de discordancia angular sobre unidades pliocenas (Tunuyanense y Mogotes plegados, *sensu* Polanski 1963, p. 155), a partir del supuesto de Groeber (1954) de un "...movimiento que afectó a las Huayquerías en las postrimerías del Plioceno..." (Polanski 1963, p. 155). La Formación La Invernada fue asignada al comienzo del Pleistoceno superior sobre la base de su posición en la secuencia por encima de la Fm Los Mesones e infrayaciendo a la Asociación Piroclástica Pumícea (APP). La Formación Las Tunas fue atribuida al Pleistoceno superior, y correlacionada tentativamente con la glaciación Wisconsin-Würm.

La superficie de la bajada está cubierta por un manto eólico delgado, al que Polanski (1963) incluyó en la Formación El Zampal. Esta unidad presenta sus secciones tipo en el ámbito de la planicie loésica, a lo largo del arroyo La Estacada ubicado en el extremo oriental de la depresión de Tunuyán y 15 km al norte de la localidad homónima. Consiste, según el autor, en limos "parecidos" a loess y bancos de sedimentos fluviales; los infrayace la Formación La Estacada compuesta predominantemente por depósitos fluviales. El conjunto es atribuido al lapso Pleistoceno tardío-Holoceno y suprayace a la Formación Las Tunas (Polanski 1963). Los depósitos más profundos de la depresión de Tunuyán, por debajo de la Formación La Estacada, corresponden a la Formación el Totoral, equivalente a los depósitos de la Formación Las Tunas (Polanski 1963). Recientemente, dada la homogeneidad litológica, ya mencionada por Polanski (1963), de los sedimentos que integran las formaciones La Esta-

cada y el Zampal, dichos depósitos fueron reunidos en una única unidad litoestratigráfica denominada Formación El Zampal (Zárate y Mehl 2008). Las edades numéricas obtenidas en las cuencas del arroyo La Estacada y Las Torrecitas sugieren que los niveles expuestos de mayor antigüedad relativa tienen una edad de *circa* 50000 años AP (Toms *et al.* 2004) y los más recientes llegan hasta el Holoceno tardío (Zárate 2002). En consecuencia, el paquete sedimentario de las Formaciones La Estacada-El Zampal (Polanski 1963) comprende una parte considerable del lapso Pleistoceno tardío-Holoceno y quizás del último interglacial (Zárate y Mehl 2008).

Por otra parte, Stern *et al.* (1984), Guershtein (1993) dan a conocer una edad de *circa* 450.000 AP (Pleistoceno medio), obtenida por el método de trazas de fisión sobre circones, para la Asociación Piroclástica Pumícea (APP), unidad que de acuerdo con el esquema de (Polanski 1963) suprayace estratigráficamente a la Formación La Invernada (Pleistoceno superior) e infrayace a la Formación Las Tunas. De este modo, las edades de las Formaciones La Invernada y Las Tunas serían mayores a la propuesta originalmente. La primera es anterior a los 450.000 años AP. Por su parte la Formación Las Tunas se habría acumulado en forma posterior a esta última edad, en un lapso que se extendería hasta antes del último ciclo de glaciación (>120.000 años AP), de acuerdo con la cronología ahora asignada al paquete sedimentario suprayacente de las Formaciones La Estacada-El Zampal (*sensu* Polanski 1963). En el área analizada, sector norte de la depresión de Tunuyán, Polanski (1963) reconoce depósitos fanglomerádicos, remanentes de antiguos y amplios abanicos aluviales asignados a la Formación Los Mesones (Pleistoceno inferior) en el núcleo de las lomas de Gualtallary-Jaboncillo. Las lomadas están cortadas por valles de orientación aproximada oeste-este, donde se han acumulado los depósitos también fanglomerádicos de la Formación Las Tunas, que conforman un

amplio abanico aluvial dispuesto alrededor de las lomas (Polanski 1963). La superficie circundante de las lomadas está tapizada por un somero manto eólico fino que es incluido en la Formación El Zampal. Por su parte, Yrigoyen (1993) describe la existencia de la Formación Los Mogotes, del Plioceno tardío-Pleistoceno temprano, en discordancia sobre el sustrato (Ex Serie Amarilla o Formaciones Huayquerías y Tunuyán) en las lomas de Gualtallary-Jaboncillo y del Peral. García (2004) considera que los depósitos no deben asignarse a la Formación Mogotes, ya que los fanglomerados de las lomadas muestran similitud litológica con los depósitos aterrizados descritos por Fernández (1973) para la Formación La Invernada en la zona del río Las Tunas hacia la confluencia del río Santa Clara. No obstante, el autor reconoce que existe cierta dificultad en la distinción litológica de las unidades fanglomerádicas plio-pleistocenas. Sin embargo, el mapa presentado por Fernández (1984) es el publicado por Polanski (1963, 1972), aceptando en consecuencia, la identificación de unidades planteada por este último autor. Por lo tanto, en este trabajo para evitar confusiones, se respetará la asignación estratigráfica de Polanski (Fig. 2b, Cuadro 1)

RASGOS NEOTECTÓNICOS EN LAS LOMAS DEL JABONCILLO, DEL PERAL Y SOLA DEL DIABLO

Las lomas del Jaboncillo (33°20'10"S y 69°15'5"O), del Peral (33°21'21"S y 69°11'7"O) Sola del Diablo (33°19'18"S y 69°10'36"O) analizadas en este trabajo, se ubican en la porción norte de la depresión de Tunuyán, a escasos kilómetros al oeste de la localidad de Tupungato (Fig. 2a). En las Lomas del Jaboncillo García (2004) y García *et al.* (2005) describen tres fallas con escarpa al oeste que afectan depósitos de la Formación Los Mesones (La Invernada, según García, 2004). Estas fallas poseen un rumbo NNO-SSE. Sus escarpas se encuentran

redondeadas, con una red de drenaje con cauces principales antecedentes a la estructura (arroyos Agua de Los Chilenos y Chupasangral) y tributarios que en sectores están obturados por las escarpas a contrapendiente y en otros corren paralelos a la escarpa de falla. Sus alturas varían desde los 0,50 m a 12 m en su porción central. No se han reconocido trincheras naturales que permitan conocer su cinemática, aunque Cortés *et al.* (1999) las interpretaron como correspondientes a fallas inversas. No se han podido encontrar en el área depósitos asignables al Holoceno afectados por estas fallas.

La falla ubicada más al este fue denominada por Bastias *et al.* (1993), Tello (1994, 1998) y Costa *et al.* (2000) falla Chupasangral (Figs. 2a y 3). En el extremo norte de las lomas del Jaboncillo, en el arroyo Agua de Los Chilenos, esta falla afecta depósitos de la Formación Los Mesones (La Invernada según García, 2004) y una terraza aluvial formada posiblemente por depósitos de la Formación Las Tunas (Fig. 4). Ambas unidades están cubiertas por un manto eólico de aproximadamente 1 metro de potencia (Formación El Zampal, facies eólicas), que no está afectado por la falla descrita, sino que tapiza el desnivel generado por la estructura. Polanski (1963) consideró esta falla como gravitacional y García (2004) interpreta la estructura de la loma del Jaboncillo como un pliegue por flexión de falla.

Las lomas del Peral ubicadas al este de las lomas del Jaboncillo (Figs. 1 y 2) están

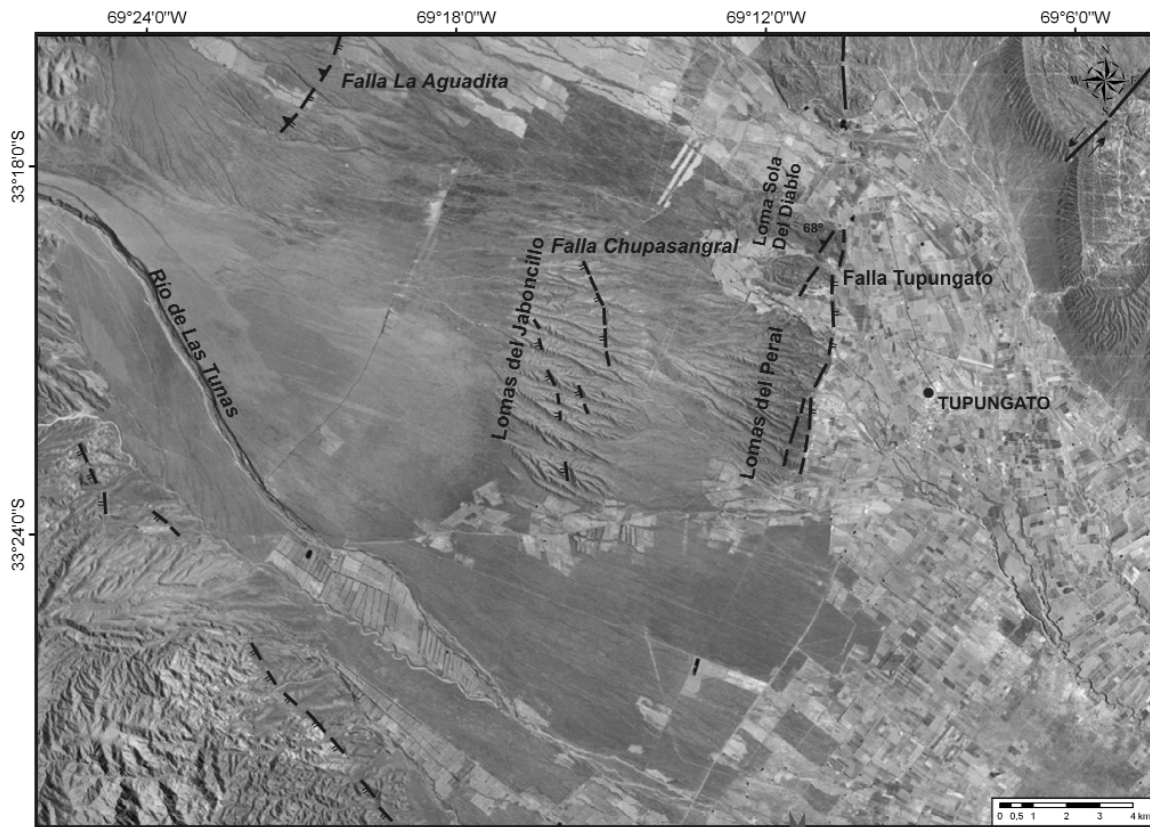
afectadas en su borde oriental por una falla de rumbo aproximado N-S con el labio hundido al este, denominada por Polanski (1963) falla Tupungato. Esta falla pierde hacia el sur su expresión topográfica quedando sepultada por depósitos del abanico del río Las Tunas (Formación Las Tunas)

En el extremo norte de las lomas del Peral, conocido como Loma Sola del Diablo, pocos metros al oeste y paralela a la falla de Tupungato, se encuentra una falla inversa (Az 220 -Bz 68°O) denominada en este trabajo falla Sola del Diablo, en la margen norte del arroyo Chupasangral (Figura 2). Los clastos del depósito fanglomerádico cercanos al plano de falla poseen estrías que indican un movimiento vertical. Sobrepone de acuerdo con Polanski (1963) sedimentitas neógenas indiferenciadas sobre fanglomerados de la Formación Los Mesones. García (2004) describió en la loma Sola del Diablo depósitos de edad terciaria correspondientes a la Formación La Piona, Tobas La Angostura y Formación Río de Los Pozos. La falla no afecta los depósitos fanglomerádicos de la Formación las Tunas que afloran en un sector de la margen sur de la loma Sola del Diablo. El rechazo vertical aproximado es de 2 m y el desplazamiento sobre el plano de la falla es de 2,6 m (Fig. 5). Otra falla, ubicada pocos metros al oeste de la anterior, también inversa de Az 220° inclina 70° al oeste (Fig. 6).

CUADRO 1: Esquema estratigráfico del Cuaternario para la Depresión de Tunuyán*







Piedemonte	Graben de Tunuyán	Ciclos de agradación	Edad asignada
-----	Turbales Asociación Volcánica postglacial	-----	1400 ± 130 ¹⁴ C
-----	Fm. El Zampal	-----	-----
-----	Fm. La Estacada	IV ciclo de agradación	9625 ± 200 ¹⁴ C Pleistoceno superior
Fm. Las Tunas	Fm. Las Tunas / Fm. El Totoral	III ciclo de agradación	Pleistoceno superior
Asociación Piroclástica Pumícea		-----	-----
Fm. La Invernada		II ciclo de agradación	Pleistoceno superior
Asociación Volcánica Paleopleistocena	Faltan evidencias	-----	Pleistoceno medio
Fm. Los Mesones		I ciclo de agradación	Pleistoceno inferior






*) Según la denominación y terminología empleada por Polanski (1963).

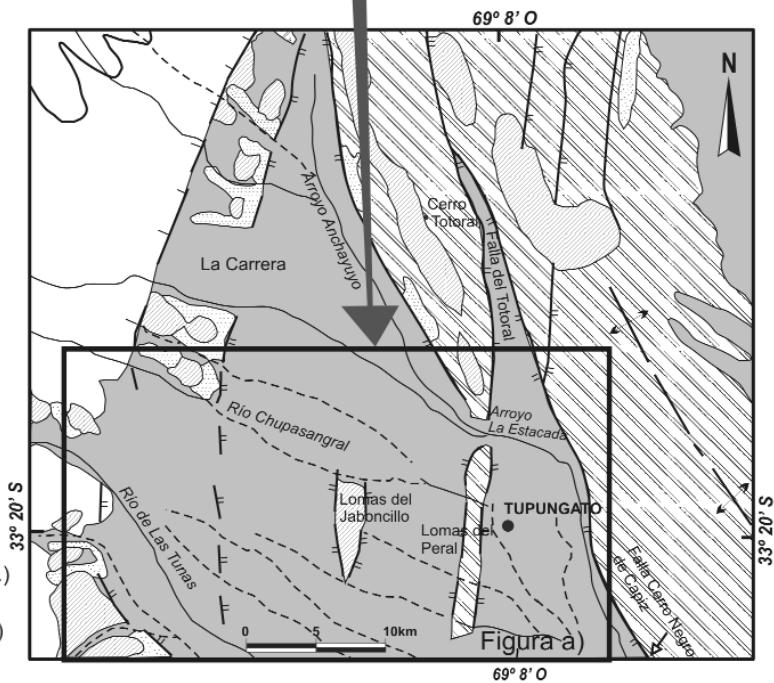


a) Análisis estructural

REFERENCIAS

-  Localidad
-  Falla con indicación de labio bajo
-  Falla inversa
-  Falla rumbo deslizante
-  Falla probable
-  Anticlinal

-  Fm El Zampal (Holoceno)
-  Fm La Invernada (Pleistoceno sup.)
-  Fm Los Mesones (Pleistoceno inf.)
-  Terciario no diferenciado
-  Paleozoico no diferenciado



b) Esquema geológico según Polanski (1963)

Figura 2: a) mapa de ubicación de los segmentos con actividad tectónica durante el Cuaternario en las lomas del Jaboncillo, Peral y Sola del Diablo, b) esquema geológico según Polanski (1963).

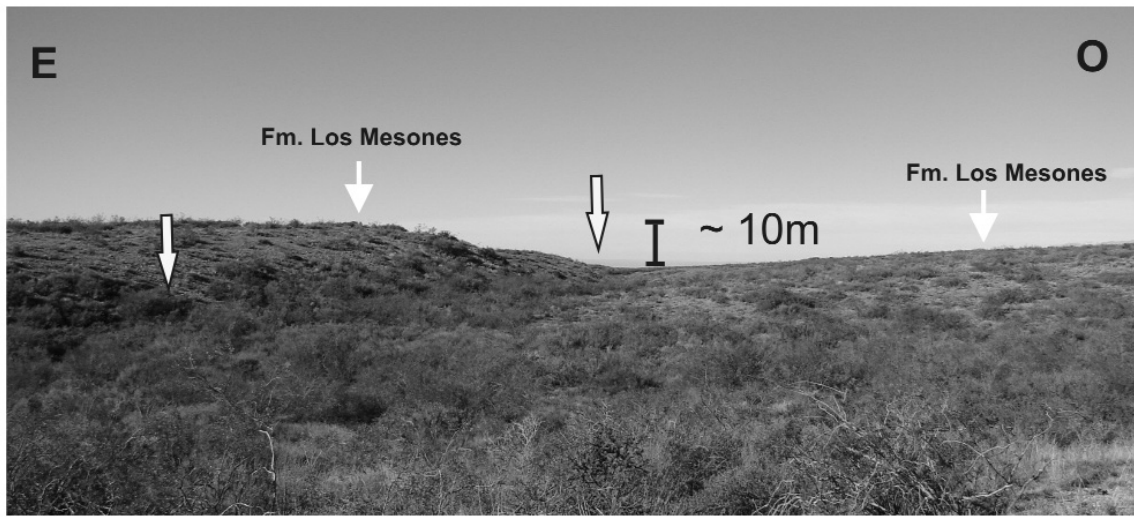


Figura 3: Vista al sur de la escarpa de la falla Chupasangral en las lomas del Jaboncillo, donde es posible observar el grado de erosión de la escarpa y la presencia de pequeños cauces colgados y obturados.



Figura 4: Vista al sur de la escarpa de falla Chupasangral en la que se aprecia la terraza aluvial de la Formación Las Tunas afectada por el trazo de la falla.

SISMICIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL

En este estudio se utilizó un catálogo sísmico compilado en dos cuadros (a y b), según la profundidad de los sismos (NEIC, 2008). El segmento histórico registra el 22 de mayo de 1782 el evento más antiguo conocido en la provincia de Mendoza y con epicentro al norte del área de estudio, a escasos kilómetros al

suroeste de la ciudad de Mendoza, denominado "terremoto de Santa Rita". El 22 de marzo de 1861 se produjo un terremoto de $M = 7.2$ con epicentro en la ciudad de Mendoza (Rickard 1863, Perucca y Moreiras 2006). No se conocen datos de la ocurrencia de un sismo de gran magnitud en épocas históricas en el área de la depresión de Tunuyán. El periodo instrumental, corresponde al siglo XX (NEIC 2008). Se seleccionaron

todos los eventos superficiales (<70 km) conocidos dentro un área rectangular definida por los paralelos 33° y 34° latitud Sur y entre los meridianos 69° y $69^\circ 30'$ longitud Oeste, entre los años 1782 a la actualidad, obteniéndose un total de 242 sismos durante ese lapso de magnitudes entre 2 y 7 (INPRES 2007, NEIC 2008). De los sismos de profundidad intermedia (70 a 300 km), se registraron sólo 39 eventos, todos de magnitud $M_s < 4.7$. No

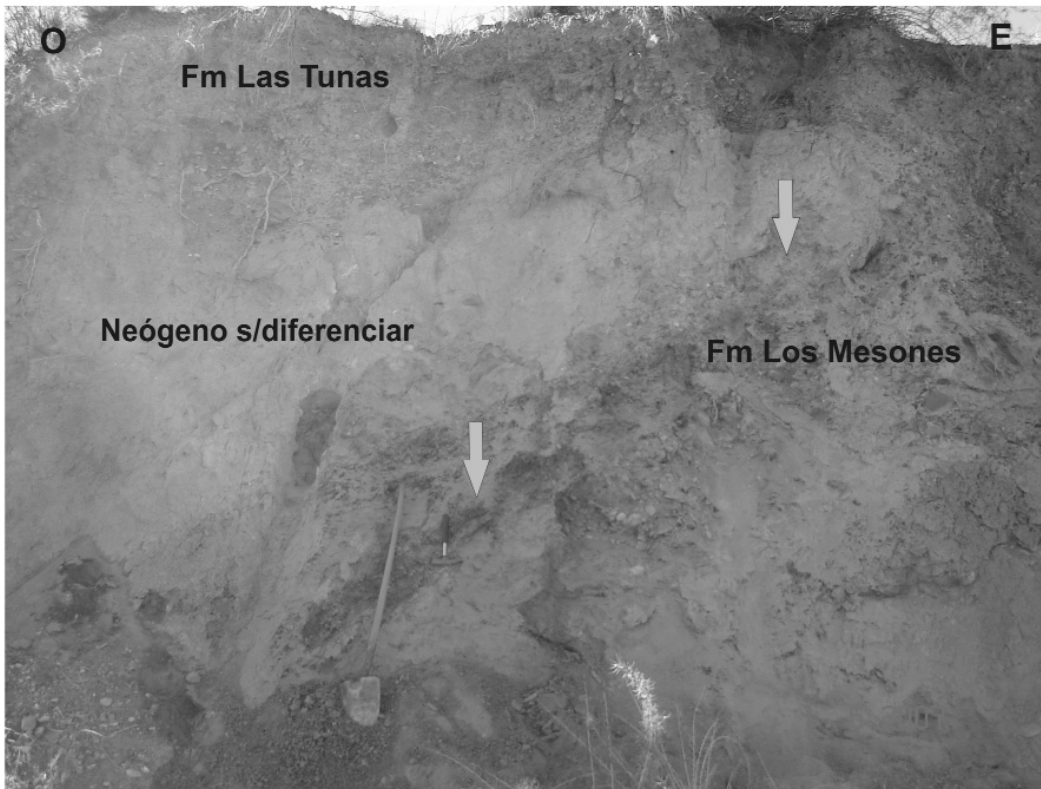


Figura 5: Falla inversa ubicada al oeste de la falla Tupungato que sobrepone sedimentitas neógenas indiferenciadas sobre depósitos fanglomerádicos del Pleistoceno. Las flechas indican la traza del cabalgamiento.

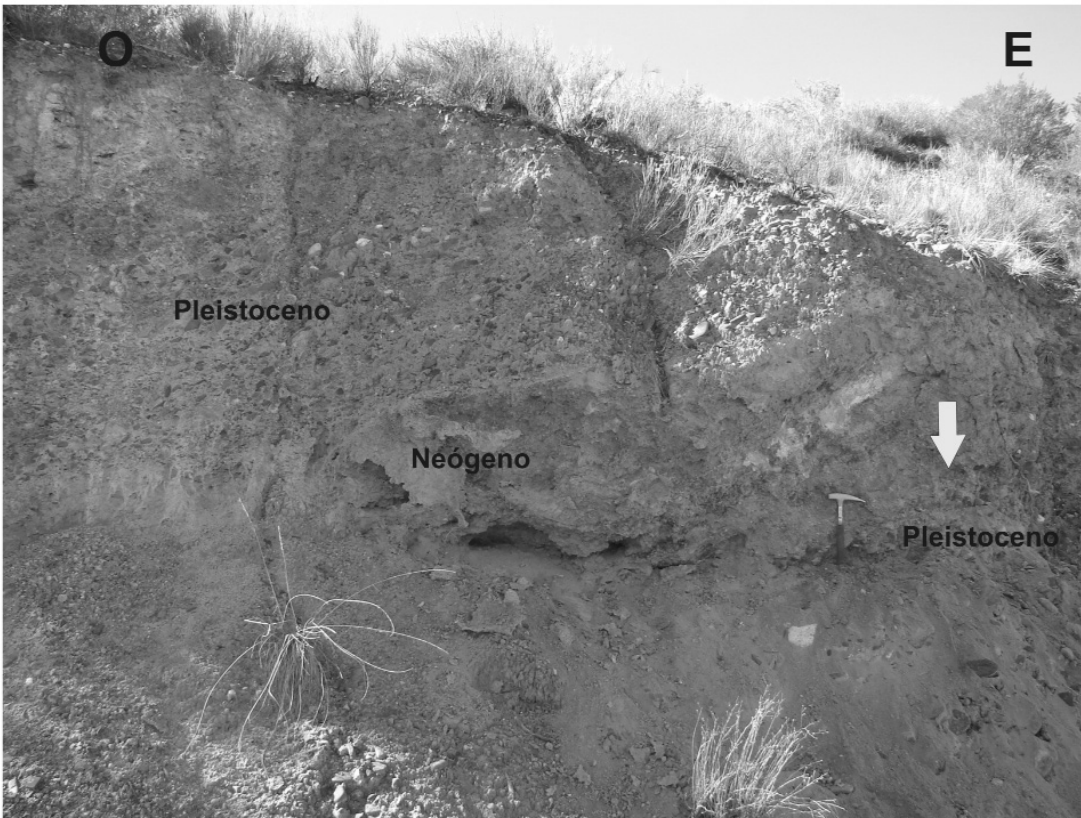


Figura 6: Falla inversa ubicada al oeste de la anterior. Inclina al oeste y sobrepone sedimentitas del Neógeno sobre conglomerados pleistocenos. La flecha señala la traza de la falla.

se obtuvieron registros instrumentales de sismos profundos en el sector estudiado (NEIC 2008).

La sismicidad superficial de intraplaca (<70 km) en la región es baja, con escasos eventos de magnitud >4 (Cuadros 2a,

b y Fig. 7). No se registran eventos profundos y la sismicidad intermedia (70-200 km) es también muy baja. Algunos

CUADRO 2a y b: Sismos instrumentales superficiales***a) (<70km) e intermedios**

AÑO	MES	DIA	LAT	LONG	PROF	MAG
1782	5	22	-33.00	-69.20	30	7,00
1927	6	28	-33.00	-69.00		5,60
1927	8	13	-34.00	-69.00		5,90
1928	10	17	-34.00	-69.50		5,00
1928	12	21	-34.00	-69.00		5,20
1928	12	6	-33.50	-69.50		5,40
1928	1	22	-33.50	-69.50		5,50
1929	7	27	-34.00	-69.50		5,70
1930	1	9	-33.00	-69.50		5,80
1930	7	7	-34.00	-69.00		5,80
1931	11	24	-33.00	-69.50		5,30
1934	9	26	-34.00	-69.00		5,00
1934	3	7	-34.00	-69.00		5,30
1952	6	12	-33.50	-69.00		2,30
1956	1	18	-33.00	-69.50		2,30
1958	9	4	-33.50	-69.50		6,70
1958	9	24	-34.00	-69.50		2,30
1967	5	28	-33.60	-69.10	33	4,50
1969	11	27	-33.90	-69.10	33	4,50
1976	2	14	-33.65	-69.00	19	4,80
1978	4	21	-33.09	-69.27	10	2,30
1979	10	10	-33.46	-69.01	10	2,30
1980	1	15	-33.30	-69.50	10	4,90
1980	1	14	-33.11	-69.41	15	5,40
1980	1	14	-33.20	-69.47	10	2,30
1980	1	16	-33.40	-69.49	10	2,30
1980	1	16	-33.51	-69.40	33	2,30
1981	3	13	-33.12	-69.31	33	2,30
1981	5	10	-33.32	-69.48	33	2,30
1981	5	24	-33.48	-69.19	33	2,30
1981	7	4	-33.07	-69.01	40	2,30
1982	6	1	-33.56	-69.50	33	2,30
1983	1	25	-33.63	-69.38	33	2,30
1983	3	17	-33.22	-69.06	33	2,30
1984	4	15	-33.17	-69.49	10	2,30
1984	7	30	-33.09	-69.06	33	2,30
1985	3	14	-33.06	-69.12	5	2,30
1985	1	26	-33.01	-69.01	33	2,30
1988	5	25	-33.03	-69.41	10	2,30
1989	1	28	-33.08	-69.04	10	2,30
1989	2	2	-33.69	-69.31	10	2,30
1991	4	14	-33.16	-69.49	10	2,30
1993	11	25	-33.18	-69.11	10	2,30

b) (70 a 300 km)

AÑO	MES	DIA	LAT	LONG	PROF	MAG
1955	11	4	-33,50	-69,50	100	6,80
1965	10	24	-33,60	-69,40	100	4,70
1967	4	6	-33,85	-69,50	167	4,19
1969	8	31	-33,35	-69,06	144	4,10
1971	2	10	-33,35	-69,44	140	
1980	9	25	-33,96	-69,56	144	
1980	12	22	-33,11	-69,35	172	
1981	3	14	-33,02	-69,44	151	
1981	9	5	-33,36	-69,22	146	4,10
1981	5	1	-33,26	-68,70	75	
1982	5	13	-33,03	-69,02	78	
1982	8	11	-33,29	-69,29	194	
1983	3	1	-33,09	-69,23	146	
1984	5	22	-33,40	-69,49	143	4,60
1984	7	26	-33,92	-69,09	170	4,70
1987	5	4	-33,19	-69,68	128	
1989	3	31	-33,35	-69,09	158	
1995	1	14	-33,62	-69,12	180	3,80
1995	2	8	-33,07	-69,52	130	3,50
1995	4	3	-33,02	-69,67	110	2,90
1995	5	3	-33,72	-69,45	160	
1995	8	12	-33,68	-69,31	160	3,80
1995	11	7	-33,40	-68,92	100	
1997	3	19	-33,95	-69,64	114	4,30
1998	12	21	-33,65	-69,44	197	
1999	4	26	-33,70	-69,54	145	2,80
2000	3	5	-33,02	-69,60	161	2,60
2001	4	26	-33,97	-69,46	176	3,70
2001	7	23	-33,85	-69,69	95	3,20
2001	11	10	-33,13	-69,69	103	3,10
2003	1	6	-33,19	-69,61	130	3,20
2003	3	17	-33,99	-69,23	142	2,60
2004	7	22	-33,18	-69,64	152	2,50
2005	2	6	-33,91	-69,54	159	2,60
2005	11	2	-33,10	-69,53	103	3,30
2005	12	2	-33,95	-69,67	162	2,70
2006	5	23	-33,89	-69,11	150	3,30
2007	3	21	-33,63	-69,40	150	2,80
2007	5	19	-33,81	-68,99	150	3,10

Fuente NEIC 2008.

de los sismos registrados, corresponden a la región sismotectónica de Precordillera, ubicada al norte del área estudiada, la cual posee una elevada sismicidad.

Por otro lado, no se ha logrado establecer relación alguna entre la actividad sísmica histórica e instrumental y los segmentos de falla con señales de actividad cuaternaria conocidos en la región. Sin embargo, regiones de intraplaca que actualmente tienen una baja sismicidad, pueden ser fuentes sismogénicas potenciales. Las

mismas revisten un elevado peligro sísmico para un futuro próximo ya que en épocas prehistóricas podrían haber sufrido crisis sísmicas mayores a las registradas en los catálogos sísmicos, desconociéndose sus intervalos de recurrencia (Yeats 2007).

CONCLUSIONES

La actividad tectónica durante el Cuaternario se manifestaría por la presencia de

pliegues y fallas que afectan a los depósitos aluviales del Pleistoceno. Hasta el momento sólo se han reportado pliegues en depósitos de la Formación Los Mesones, asignada tentativamente al Pleistoceno temprano.

Este plegamiento coincidiría con lo expresado por Cortés *et al.* (2006) quienes señalaron que la actividad tectónica del Cenozoico tardío originó estructuras anticlinales falladas en los estratos de la Formación Mogotes de las Huayquerías

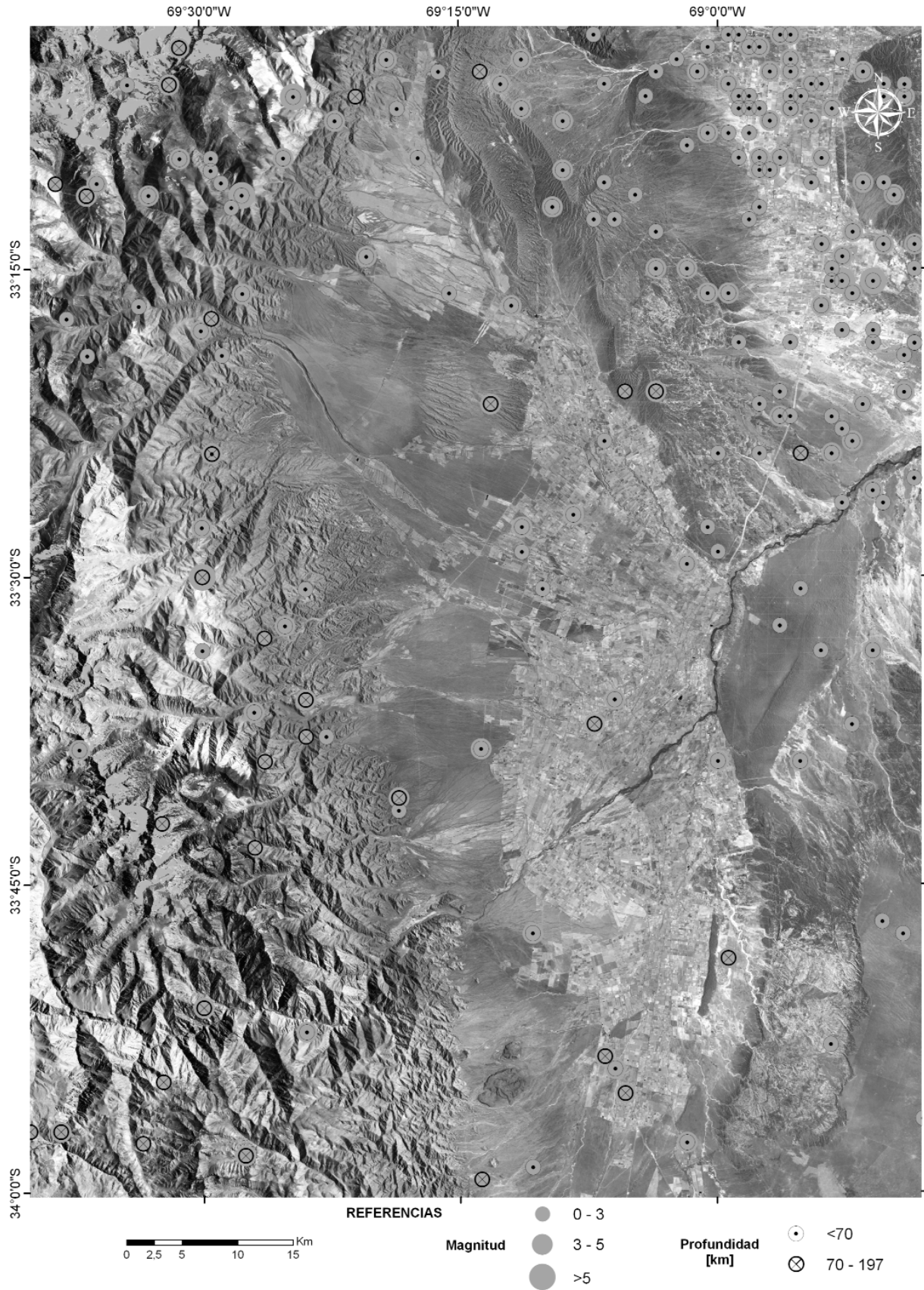


Figura 7: Mapa con la ubicación de la sismicidad superficial (<70 km) e intermedia (70-300 km) instrumental (Fuente: NEIC 2008)

Pedemontanas y en las reactivaciones cuaternarias del sistema de falla de La Carrera en Cordillera Frontal.

Los pulsos de la deformación neógena se manifestaron en pliegues y corrimientos que afectaron a los sedimentos neógenos de la depresión. También se observó plegamiento y escarpas de falla en los depósitos del Pleistoceno temprano, confirmando la existencia de ascensos diferenciales dentro de la cuenca y la continuidad de la deformación durante el inicio del Cuaternario. Sin embargo no se encontraron en el sector norte de la depresión, evidencias de actividad tectónica en los depósitos de las Formaciones Invernada y Las Tunas, ni en los depósitos holocenos.

Las fallas presentes en las lomadas ubicadas en el sector septentrional de la depresión de Tunuyán poseen un rumbo casi meridional. Son fallas inversas de alto ángulo ($> 68^\circ$, tal como las fallas ubicadas en la loma Sola del Diablo) que afectan depósitos fanglomerádicos, asignados por Polanski (1963) a la Formación Los Mesones (Pleistoceno temprano), rodeados por depósitos pedemontanos posiblemente correspondientes a la Formación Las Tunas (Pleistoceno medio).

En el campo no se han encontrado evidencias que testifiquen la acción de actividad tectónica sobre las unidades asignadas al Holoceno y al Pleistoceno tardío posteriores a los cerca 50.000 años, lapso que en términos litoestratigráficos está representado por los depósitos aflorantes de las formaciones La Estacada-El Zampal (Polanski 1963) o Formación El Zampal (sensu Zárate y Mehl, en prensa). En síntesis, las evidencias encontradas sugieren una baja tasa de actividad tectónica para la región durante el Cuaternario tardío.

Por otra parte, en épocas históricas no se han registrado terremotos relevantes. La sismicidad instrumental superficial en la región es muy baja y en apariencia sin relación con los segmentos de falla activos. Los sismos de profundidad intermedia no superan el medio centenar, mientras que no se registran eventos sísmicos

profundos en la región.

Se considera que los segmentos con actividad tectónica durante el Cuaternario constituyen posibles fuentes sismogénicas para la región, ya que la falta de deformaciones holocenas y la baja sismicidad histórica e instrumental de la región puede no ser representativa de la potencialidad de estas estructuras neotectónicas como generadoras de terremotos destructivos en la región.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada con fondos del proyecto 07-00000-01391 -ANPCYT, así como del PIP-2904 -2000 y PIP 5819-2005 (CONICET). Los autores agradecen especialmente al señor Vila por permitir el ingreso a su propiedad (Estancia Los Helechos) para analizar en el campo los rasgos de las estructuras aquí consideradas. Así también, se desea destacar la colaboración del señor Nicolás Vargas y del señor Hernán Ponce y por su intermedio a la Municipalidad de Tunuyán por la colaboración en la logística de las actividades realizadas. Se expresa además, el agradecimiento a los árbitros de la revista, Dres. Andrés Folguera y Carlos Costa por sus acertadas correcciones y sugerencias que mejoraron la presente contribución.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bastias, H., Tello, G., Perucca, L. y Paredes, J. 1993. Peligro Sísmico y Neotectónica. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 6(1): 645-658, Mendoza.
- Caminos, R. 1965. Geología de la vertiente oriental del Cordón del Plata. Cordillera Frontal de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20(3): 351-392.
- Caminos, R. 1979. Cordillera Frontal. En Turner, J. C. M. (ed.) 2° Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, 1: 397-453.
- Cortés, J. M. 1993. El frente de corrimiento de la

Cordillera Frontal y el extremo sur del valle de Uspallata, Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 168-178, Mendoza.

- Cortés, J. M., Vinciguerra, P., Yamín, M. y Pasini, M.M. 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino. 2) Tectónica cuaternaria. A) Tectónica cuaternaria de la región andina del nuevo Cuyo ($28^\circ - 38^\circ$ LS). En Caminos, R. (ed.) Geología Argentina, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29: 760-778.
- Cortés, J., Casa, A., Pasini, M., Yamín, M. y Terrizzano, C. 2006. Fajas oblicuas de deformación neotectónica en Precordillera y Cordillera Frontal ($31^\circ 30' - 33^\circ 30'S$): controles paleotectónicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61(4): 639-646.
- Costa C., Machette, M.N., Dart, R.L., Bastias, H.E., Paredes, J.D., Perucca, L.P., Tello, G.E. y Haller, K.M. 2000. Map and database of Quaternary faults and folds in Argentina. U.S. Geological Survey, Open File Report, 76 p, Reston.
- Costa, C., Audemard, F., Bezerra, F., Lavenue, A., Machette, M. y Paris, G. 2006. An overview of the main Quaternary deformation of South America. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61(4): 461-479.
- Devizia, C. 1993. Yacimiento Piedras Coloradas. Estructura Intermedia. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 3(3): 397-402, Mendoza.
- Fernández, B.L. 1973. Geomorfología y bosquejo geológico de la zona del río de Las Tunas, departamento de Tupungato, provincia de Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, (inédito), Buenos Aires.
- Fernández, B.L. 1984. Stratigraphy of the Quaternary pedmont deposits of the Río de Las Tunas Valley, Mendoza. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula 2: 31-40. A. A. Balkeman, Rotterdam-Boston.
- García, V.H. 2004. Análisis estructural y neotectónico de las lomas Jaboncillo y del Peral, departamento de Tupungato, provincia de Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédito), 100 p.
- García, V., Cristallini, E., Cortés, J., y Rodríguez,

- C. 2005. Structure and neotectonic of the Jaboncillo and Del Peral anticlines: New evidences of Pleistocene to Holocene deformation in the Andean piedmont. 6^o International Symposium on Andean Geodynamics. Extended Abstracts: 301-304.
- Guerstein, P. 1993. Origen y significado geológico de la Asociación Piroclástica Pumícea. Pleistoceno de la provincia Mendoza entre los 33°30' y 34° 40' L.S. Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inérita), 253 p., La Plata.
- INPRES 2007. Listado de terremotos históricos, Catálogo on-line (www.inpres.gov.ar).
- Jordan, T., Isacks, B., Ramos V.A. y Allmendinger, R.W. 1983. Mountain building model: The Central Andes. *Episodes* 1983(3): 20-26.
- 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 193-207, Nueva York.
- Kay, S., Mpodozis, C., Ramos, V. y Munizaga, F. 1991. Magma source variations for mid-late Tertiary magmatic rocks associated with a shallowing subduction zone and a 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, R., Brooks, B., Barriga Vargas, R., Lauría, E. y Souto Fortes, L. 2003. The Nazca-South America Euler vector and its rate of change. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 125-131.
- 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(1): 83-86.
- NEIC 2008. Catálogo de sismos. http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html
- Pardo Casas, F. y Molnar, P. 1987. Relative motion of the Nazca (Farallón) and South American Plates since late Cretaceous time. *Tectonics* 6 (3): 233-248, Washington.
- Perucca, L.P. y Moreiras, S. 2006. Liquefaction phenomena associated with historical earthquakes in San Juan and Mendoza provinces, Argentina. *Quaternary International*, 158: 96-109.
- Perucca, L. y Bastias, H. 2006. Regiones Sismotectónicas en el Centro-Oeste Argentino. Provincia de La Rioja, San Juan y Mendoza. INSUGEO. Serie Correlación Geológica 16: 7-16.
- Ploszkiewicz, J.V. 1993. Yacimiento Tupungato. En: Ramos, V.A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. 12^o Congreso Geológico Argentino y 2^o Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 3(4): 391-396, Mendoza
- Polanski, J. 1963. Estratigrafía, neotectónica y geomorfología del Pleistoceno pedemontano, entre los ríos Diamante y Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 17(3-4) (1962): 127-349.
- Polanski, J. 1972. Descripción Geológica de la Hoja 24 a-b, Cerro Tupungato. Servicio Geológico Nacional, Boletín 128, 110 p., Buenos Aires.
- Ramos, V.A., 1999. Evolución Tectónica de la Argentina. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29(24): 715-784.
- Rickard, F.I. 1863. A mining journey across the great Andes, with explorations in the silver mining district of the province of San Juan and Mendoza and a journey across the Pampa to Buenos Aires. *Smith Elder & Co*, 65 p., Cornhill.
- Somoza, R. 1998. Updated Nazca (Farallon)-South America relative motions during the last 40 My: implications for mountain building in the central Andean region. *Journal of South American Earth Sciences* 11: 211-215.
- Stern, C.R., Amini, H., Charrier, R., Godoy, E., Hervé F. y Varela, J. 1984. Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the Río Maipo and Río Cachapoal (Chile) and the Río Yauca and Río Papagayos (Argentina). *Revista Geológica de Chile* 23: 39-52.
- Tello, G. 1994. Fallamiento cuaternario y sismicidad en el piedemonte cordillerano de la provincia de Mendoza. Argentina. 7^o Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 380-384, Concepción.
- Tello, G. 1998. Actividad Tectónica Cuaternaria en el Piedemonte Cordillerano entre el Río Tunuyán y Atuel y su vinculación con la Sismicidad Histórica del Sur Mendocino. Provincia de Mendoza. Republica Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Juan, (inérita), 114 p., San Juan.
- Toms, P.S., King, M., Zárate, M., Kemp, R. y Foit Jr, N. 2004. Geochemical characterisation, correlation and dating of tephra in alluvial sequences of western Argentina. *Quaternary Research* 62: 60-75.
- Uyeda, S. y Kanamori, H. 1979. Back-arc opening and mode of subduction. *Journal of Geophysical Research* 84: 1049-1061.
- Yeats, R.S. 2007. Paleoseismology: Why can't earthquakes keep on schedule? *Geology* 35 (9): 863-864.
- Yrigoyen, M. 1993. Los depósitos sinorogénicos terciarios. En Ramos, V.A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, 12^o Congreso Geológico Argentino y 2^o Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 123-148, Buenos Aires.
- Zárate, M.A., 2002. Geología y Estratigrafía del Pleistoceno tardío-Holoceno en el piedemonte de Tunuyán-Tupungato, Mendoza, Argentina. 15^o Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 615-620. El Calafate.
- Zárate, M.A. y Páez, M.M. 2002. Los paleoambientes del Pleistoceno tardío-Holoceno en la cuenca del arroyo la Estacada, Mendoza, En Trombotto, D. y Villalba, R. (eds.) *Ianigla, 30 años de investigación básica y aplicada en ciencias ambientales*, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, 117-121, Mendoza.
- Zárate, M.A. y Mehl, A.E. 2007. Estratigrafía y geocronología de los depósitos del Pleistoceno tardío/Holoceno de la cuenca del arroyo La Estacada, departamentos de Tunuyán y Tupungato (Valle de Uco), Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* (en prensa).

Recibido: 7 de marzo, 2008

Aceptado: 2 de marzo, 2009