

MANIFESTACIONES GEOMORFOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS DE UNA ESTRUCTURA GEOLÓGICA PROFUNDA AL SUR DE LA SIERRA DE PIE DE PALO, SIERRAS PAMPEANAS

M. Patricia MARTÍNEZ¹, Laura P. PERUCCA², Mario E. GIMÉNEZ¹ y Francisco RUÍZ³

¹ CONICET. Instituto Geofísico Sismológico Volponi. Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Avda. Ignacio de La Roza y Meglioli S/N. Rivadavia. San Juan (5400). Emails: mgimenez@unsj-cuim.edu.ar, mpm@unsj-cuim.edu.ar

² CONICET. Instituto de Geología. Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Avda. Ignacio de La Roza y Meglioli S/N. Rivadavia. San Juan (5400). Email: lperucca@unsj-cuim.edu.ar

³ Instituto Geofísico Sismológico Volponi. Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Email: fruiz@unsj-cuim.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se vinculan las evidencias geomorfológicas y geofísicas con la existencia de una estructura emplazada en la corteza superior, ubicada al sur de la sierra de Pie de Palo y con similares dimensiones que ésta. A partir de valores de gravedad, se calculó una carta de anomalías de Bouguer, correspondiente a la sierra de Pie de Palo y zonas aledañas. Se aplicó el método de deconvolución de Euler, variando adecuadamente el ancho de ventana entre 20 y 35 km y con dos índices estructurales: 0,5 y 1. Las respuestas obtenidas con este método señalan en ambos casos una concentración de soluciones que se corresponden con rasgos estructurales reconocidos geológicamente como: la megafalla Desaguadero Bermejo; el borde oriental de la Precordillera; la megafactura de El Molle. Por otro lado, existe una gran acumulación de soluciones de forma trapezoidal al sur de la sierra de Pie de Palo. Estas fuentes responden a profundidades en su mayoría ubicadas entre 10 y 20 kilómetros, indicando una cuarta estructura profunda o alto de basamento. Las evidencias geomorfológicas encontradas en la región corroborarían la existencia de esta estructura en ascenso, sugerida por las sucesivas migraciones de los cauces de los ríos San Juan hacia el norte y Mendoza y Tunuyán hacia el sur, tanto en épocas prehistóricas como históricas. Este fenómeno podría compararse con el ocurrido durante el terremoto de 1977, con epicentro en la provincia de San Juan, el cual produjo un ascenso de la sierra de Pie de Palo de 1,20 metros.

Palabras clave: *Geofísica, Geomorfología, Estructura, Geológica.*

ABSTRACT: *Geomorphological and geophysical features of the deep structure of southern Pie de Palo, Sierra Pampeanas.* The results of the present study show relationships between geomorphologic and geophysical evidences with a structure found in the upper crust south of the Pie de Palo range, that should be similar in size. For this purpose, a chart of Bouguer anomalies was calculated from gravity values for the Pie de Palo range and surrounding areas. Besides, the Euler deconvolution method was applied, with window widths from 20 to 25 km and structural indices of 0.5 and 1. The responses obtained with this method using both indices point to a concentration of solutions in correspondence with the following structural features found by geologic research: the Desaguadero-Bermejo megafault; the eastern boundary of the Precordillera; the El Molle megafacture. Moreover, the existence of an important accumulation of trapezoidal shaped solutions was determined south of the Pie de Palo range. Their sources respond to depths from 10 to 20 km. The geomorphologic evidences found in this region seem to corroborate the existence of the formerly mentioned rising structure in the surface, as suggested by the successive migrations of the course of the San Juan river to the north, and of the courses of the Mendoza and Tunuyán rivers to the south and west, which took place in prehistorical and historical times. This tectonic elevation can be compared to the one occurred during 1977's earthquake (Ms7.4) in the province of San Juan, during an important earthquake, when the Pie de Palo range rose 1.20 metres after the seismic event.

Keywords: *Geophysics, Geomorphologic, Structure, Geologic.*

INTRODUCCIÓN

La sierra de Pie de Palo pertenece al conjunto de Sierras Pampeanas occidentales

según la descripción de Caminos (1979). Desde el punto de vista tectónico su basamento corresponde al terreno compuesto de Cuyanía, una parte de los terre-

nos alóctonos que formaron durante el Paleozoico el margen continental del Gondwana occidental (Ramos 1999, 2004, Ramos *et al.* 2002) La sierra de Pie

de Palo pertenece a este terreno según estos autores (véase Fig. 1).

Baldís *et al.* (1990), mencionan evidencias de esfuerzos andinos compresivos durante el Cenozoico en toda la región. También demuestran compresión los estudios de Triep y Cardinalli (1984), Jordan y Allmendinger (1986), Pardo *et al.* (2002), Alvarado *et al.* (2006), entre otros.

Martínez *et al.* (1993) realizaron un perfil gravimétrico que atravesó completamente la sierra de Pie de Palo en su parte media, corroborando así la existencia de una anomalía positiva sobre esta sierra. Posteriores trabajos de isostasia en el sentido hidrostático (Martínez *et al.* 1994), indicaron que al igual que otras Sierras Pampeanas, no existe antirraíz probable de reproducir la corta longitud de onda de la anomalía de Bouguer (Introcaso *et al.*, 1990).

En este trabajo se aplica la metodología de deconvolución de Euler a una carta de anomalías de Bouguer, con el propósito de inferir estructuras en el subsuelo. Además se efectúa un mapa geomorfológico de la región, en el que se denotan las sucesivas migraciones de los ríos San Juan, Mendoza, Tunuyán y Desaguadero, posiblemente influenciados por una estructura en el subsuelo.

MARCO TECTÓNICO REGIONAL

Entre los 27° y 33°30'S se encuentra el segmento de subducción horizontal donde la zona de Wadati-Benioff tiene una inclinación de entre 5° y 10°. Este segmento posee una importante deformación activa y comprende las Cordilleras Principal y Frontal, la faja plegada y corrida de Precordillera y las Sierras Pampeanas más al este, que constituyen el antepaís fragmentado del orógeno andino durante el Neógeno. El frente orogénico activo actual se localiza entre el borde oriental de la Precordillera y el límite occidental de las Sierras Pampeanas (Costa *et al.*, 2000b).

El área de estudio se sitúa en la depresión ubicada al sureste de la sierra de Pie de

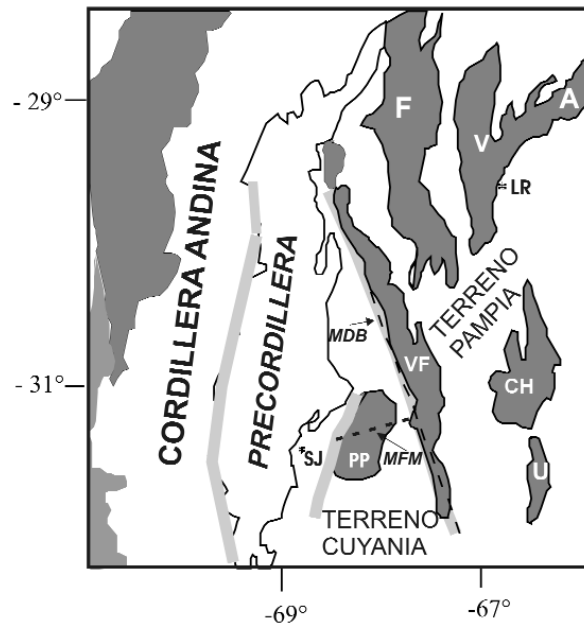


Figura 1: Ubicación geográfica de los terrenos circundantes a la sierra de Pie de Palo. En líneas grises, se delimitan los terrenos según Ramos *et al.* (2002) y Ramos (2004). PP: Sierra de Pie de Palo; VF: Sierra de Valle Fértil; V: Sierra de Velasco; A: Sierra de Ambato; CH: Sierra de Chepes, U: Sierra de Ulapes; F: Sierra de Famatina; MEM: Megafractura del Molle; MDB: Megafalla Desaguadero Bermejo.

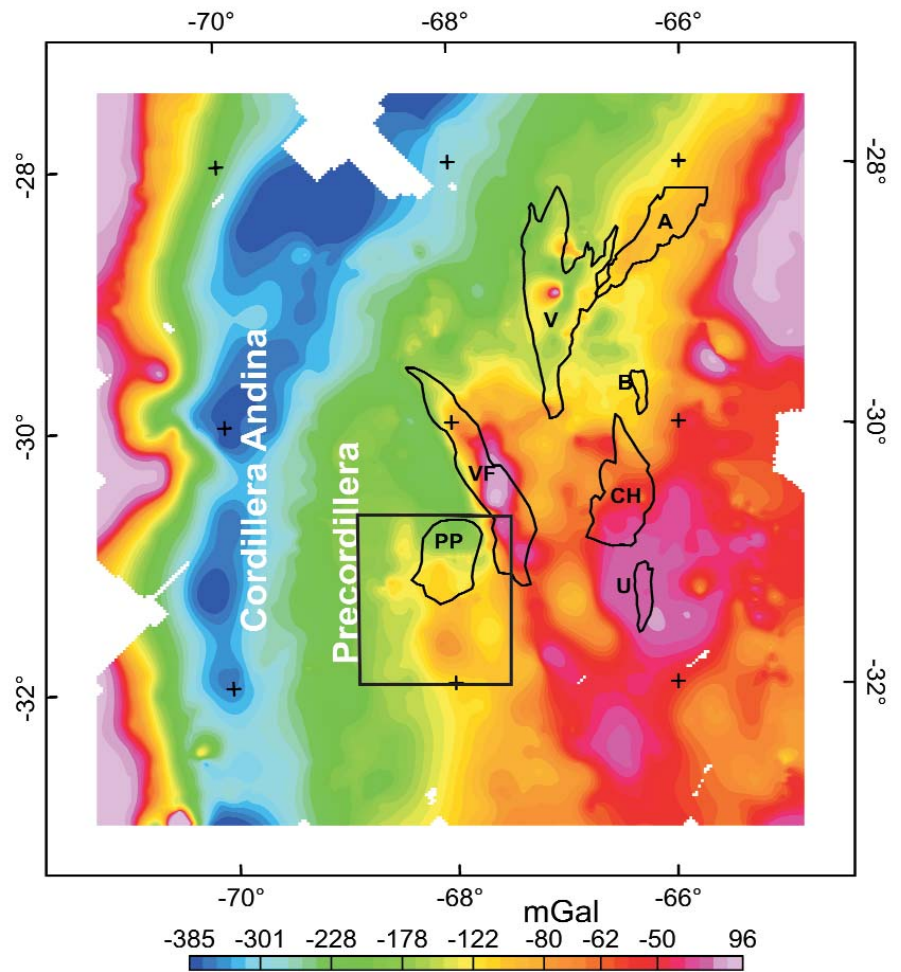


Figura 2: Carta de Anomalía de Bouguer, en la que se indican algunas de las principales estructuras geológicas. PP: Sierra de Pie de Palo, B: Sierra Brava; V: Sierra de Velasco, CH: Sierra de Chepes, U: Sierra de Ulapes, A: Sierra de Ambato, Precordillera y Cordillera de Los Andes.

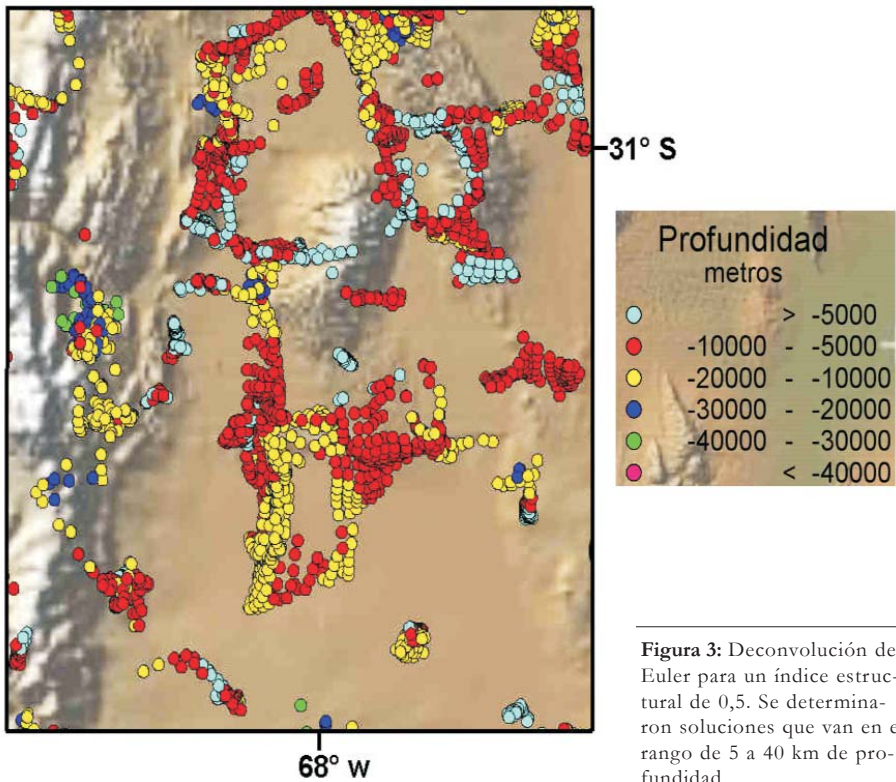


Figura 3: Deconvolución de Euler para un índice estructural de 0,5. Se determinaron soluciones que van en el rango de 5 a 40 km de profundidad.

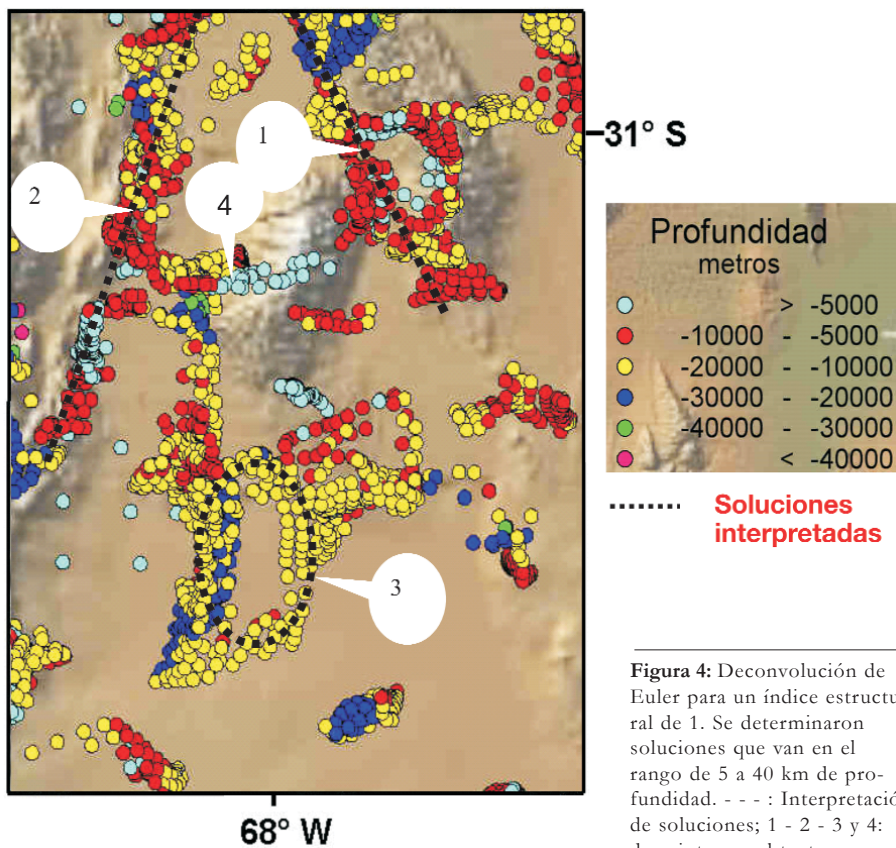


Figura 4: Deconvolución de Euler para un índice estructural de 1. Se determinaron soluciones que van en el rango de 5 a 40 km de profundidad. - - - : Interpretación de soluciones; 1 - 2 - 3 y 4: descriptas en el texto.

Palo y noreste de la provincia de Mendoza, entre las provincias geológicas de Precordillera por el oeste y Sierras Pampeanas occidentales por el este. La provincia geológica Precordillera está constituida en este tramo por sedimentitas marinas de edad paleozoica y sedimentitas triásicas y terciarias continentales. Las Sierras Pampeanas occidentales se caracterizan por la presencia de rocas metamórficas e ígneas de edad precámbrica-paleozoica.

A los 32°S el frente orogénico precordillerano muestra una brusca flexura en su azimut, que cambia de 40° en la provincia de San Juan a 170° a la latitud de la sierra de Las Peñas. En este tramo, el estilo estructural se caracteriza por la interacción de dos sistemas oblicuos con vergencia opuesta: Los corrimientos con vergencia al este de Precordillera central y los corrimientos con vergencia occidental que caracterizan a la Precordillera oriental e involucran al basamento cristalino, como el corrimiento Salinas-Valdivia (Baldís *et al.* 1979, Comínguez y Ramos 1991, Ramos *et al.* 1997) y la culminación austral de las estructuras de Precordillera Oriental. La interacción de ambos sistemas determina un tipo particular de zona triangular (Figuroa y Ferraris 1989).

Al norte de los 32°S, las principales estructuras cuaternarias están relacionadas con corrimientos con vergencia occidental, como el área de falla del cerro Salinas (Comínguez y Ramos 1991), Los Berros y La Rinconada (Bastías *et al.* 1984, 1990, Martos 1999), ubicadas aún en el ámbito de Precordillera oriental.

Las principales deformaciones cuaternarias al sur de los 32° se caracterizan por corrimientos con vergencia oriental y pliegues asociados a la propagación de fallas (Bettini 1980, Figuroa y Ferraris 1989; Cortés y Costa, 1996; Ramos y Vujovich, 2000; Costa *et al.*, 2000a y 2000b; Ramos *et al.* 2002, Costa *et al.* 2005).

METODOLOGÍA

A partir de una carta de anomalías de

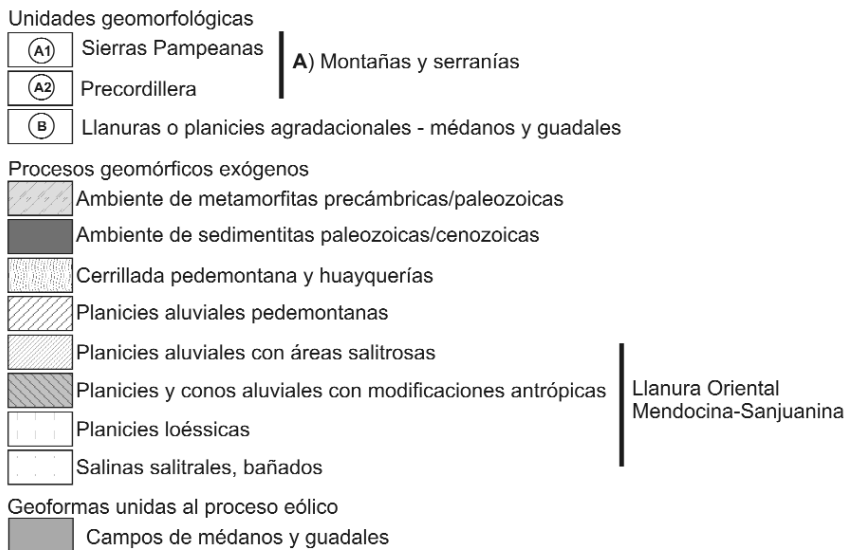
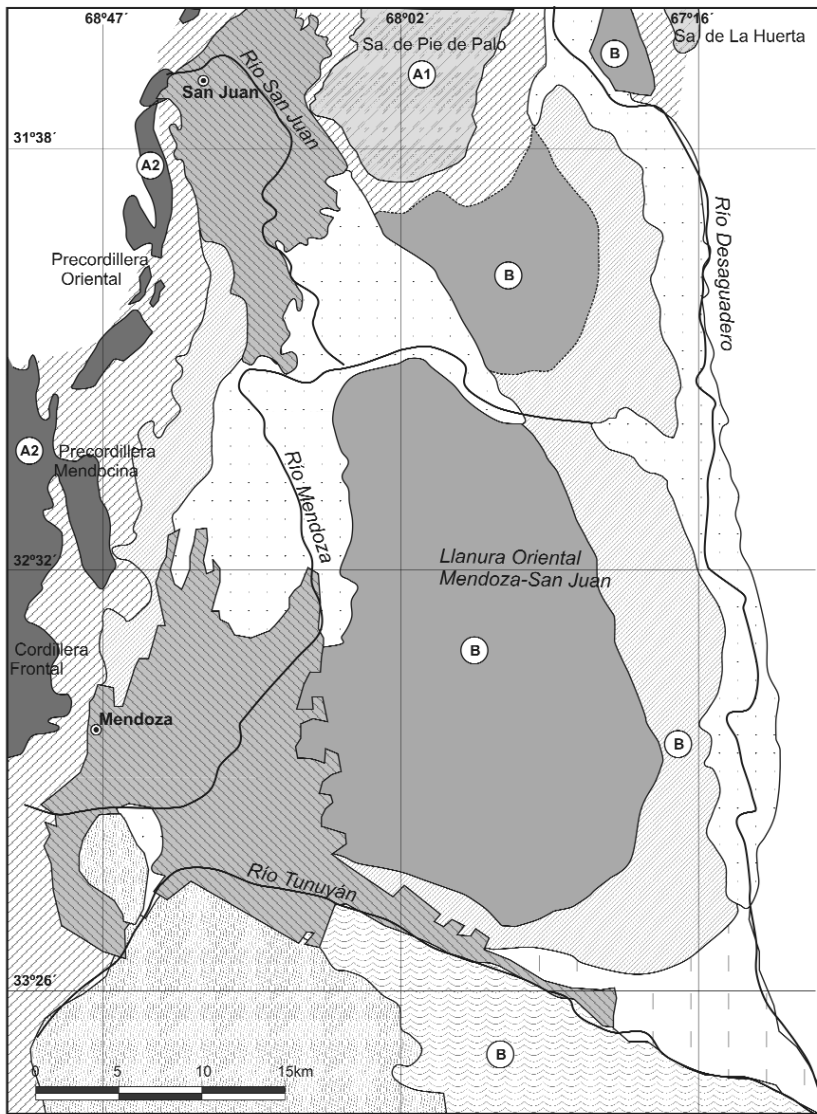


Figura 5: Mapa geomorfológico.

Bouguer que involucra la cordillera andina en las provincias de San Juan, La Rioja, parte de Mendoza, parte de San Luis y Catamarca, se separó el área correspondiente a la sierra de Pie de Palo extendida hacia el sur (véase Fig. 2). En esta carta, se observa que en el extremo sur de la sierra de Pie de Palo, la anomalía de Bouguer es más positiva en forma relativa, ya que la carta está influenciada por el gradiente negativo que le impone la raíz andina. Se aplicó el método de deconvolución de Euler a esta porción de la carta de anomalías de Bouguer. Este método está basado en la ecuación de homogeneidad de Euler y adiciona un índice estructural para producir las estimaciones de profundidad (Thompson 1982, Reid *et al.* 1990, Roy *et al.* 2000, entre otros). Se utilizó el programa *Oasis Montaje*, teniendo en cuenta que son dos los factores intervinientes en la aplicación de este método:

- 1) Tamaño de ventana móvil apropiado, que a la vez tiene en cuenta el espaciamiento de la grilla de datos adoptada (probando con ventanas entre 20 y 35 kilómetros)
- 2) El índice estructural fue evaluado para $SI = 0,5$ (asociados a contactos) y para $SI = 1$ (asociadas a estructuras bidimensionales).

En ambos casos con un rango de profundidades de 5.000 a 40.000 metros. El resultado para índices estructurales de $SI = 0,5$ y 1 (Figs. 3 y 4 respectivamente), es un conjunto de puntos a diferentes profundidades que pueden ser interpretados sin previos conocimientos geológicos, ni de distribución de densidades. Esto es debido a que el método opera matemáticamente con un sistema sobredimensionado de ecuaciones, y la solución encontrada será la que mejor se ajuste a los valores de gravedad observados mediante la técnica de mínimos cuadrados. En las gráficas se pueden observar las referencias con los códigos de colores señalando las diferentes profundidades.

Se observan en ambos resultados (Figs. 3 y 4): 1) Soluciones alineadas según la falla Desaguadero Bermejo; 2) Concentración

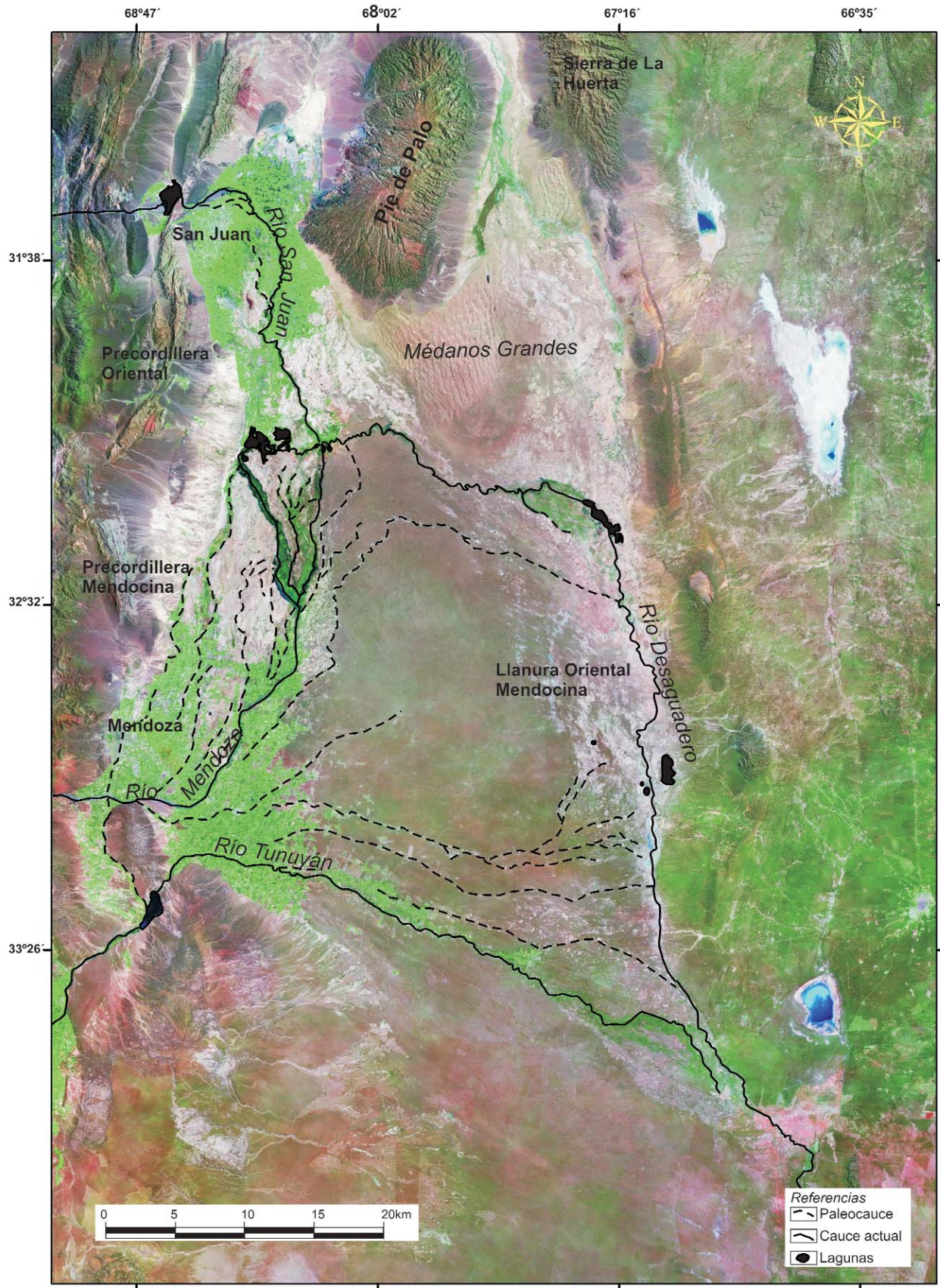


Figura 6: Imagen Landsat TM en la que es posible apreciar las sucesivas migraciones de los ríos San Juan, Tunuyán y Mendoza.

de soluciones en el borde oriental de la Precordillera; 3) Una gran acumulación de soluciones en forma trapezoidal hacia el sur de la sierra de Pie de Palo. Estas fuentes responden en su mayoría a profundidades entre 10 y 20 km. Esto coincidiría con un alto estructural propuesto por Ortiz y Zambrano (1981). También está de acuerdo con la acumulación de sismos detectada hacia el sur de la sierra. Estas fuentes de soluciones gravimétricas se interpretan como un alto estructural en correspondencia hacia el sur de la sierra de Pie de Palo; 4) Alineación de fuentes según la dirección de la megafactura del Molle (Kadinsky-Cade 1985, Ramos y Vujovich 1995) (véase Fig 5). Luego, el análisis de la red de drenaje de los cauces actuales y paleocauces de los ríos San Juan, Mendoza y Tunuyán se realizó a partir de imágenes Landsat TM y Aster a distintas escalas y combinaciones.

GEOMORFOLOGÍA

En la región de estudio se ubican las siguientes unidades morfoestructurales (Fig. 5): En el ambiente geomórfico montañoso se encuentran por el oeste los afloramientos más australes de la Precordillera Oriental y la Precordillera Mendocina, cuyas alturas varían entre 1000 y 3000 metros, en general afectados por fallas inversas en sus flancos originando un relieve marcadamente asimétrico. Por el norte y este se ubican las Sierras Pampeanas (Pie de Palo y La Huerta), cuyas alturas llegan a 3000 metros y han sufrido intensos procesos de planización. La sierra de La Huerta se encuentra afectada por una falla en su borde occidental, que le confiere un perfil asimétrico, con un flanco occidental abrupto y el oriental más suave.

Las cerrilladas pedemontanas, constituidas por montañas o lomadas bajas, cuyas alturas oscilan entre 800 y 1200 metros, constituidas por depósitos neógenos que forman un paisaje tipo huayquerías (badlands). Estos depósitos se encuentran pegados y fallados. También se pueden

incluir los pequeños cerros constituidos por basamento cristalino, alineados por fallas, pertenecientes a las Sierras Pampeanas occidentales, como los cerros Barboza, Valdivia y Salinas.

En el ambiente geomórfico planizado se encuentran las superficies pedemontanas, con desarrollo de distintos niveles de glaciés, afectados por la tectónica cuaternaria al igual que las terrazas fluviales, abanicos y conos aluviales.

La *llanura oriental mendocina*, ubicada en el noreste de la provincia de Mendoza y la *llanura sanjuanina*, poseen un relieve que inclina suavemente hacia el este y cuyas alturas varían entre 750 y 500 metros en su porción oriental, en el río Desaguadero-Salado. Su topografía se encuentra interrumpida por importantes depósitos arenosos de origen eólico y por salitrales y bañados o ciénagas longitudinales.

Los médanos o guadales cubren una amplia extensión de la llanura oriental, principalmente al sureste del río San Juan y al este del río Mendoza. En general no poseen una forma definida, salvo los ubicados al sur de las sierras de Pie de Palo y de La Huerta, cuyas alturas llegan a 300 metros sobre la planicie aluvial (Fig. 5).

Migraciones de los ríos San Juan, Mendoza y Tunuyán

Existe una estrecha relación entre la neotectónica, clima y los ciclos deposicionales y erosivos en la distribución de los ríos del sureste sanjuanino y noreste de Mendoza. Sin embargo, se considera en este trabajo que la tectónica cuaternaria habría provocado los fuertes cambios en las redes de drenaje, desviando los cursos en sucesivas etapas. Si bien no se aprecian en la llanura oriental mendocina, a diferencia de las unidades pedemontanas, grandes lineamientos en superficie, éstos podrían ser estimados a partir del análisis de las redes de drenaje y su evolución durante el Cuaternario.

Los ríos San Juan, Mendoza y Tunuyán, constituyen afluentes del sistema del río Desaguadero, ubicado al este de las provincias de San Juan y Mendoza. Estos

ríos han manifestado durante el Cuaternario numerosos cambios en su trazado hasta su posición actual, en general sufriendo un comportamiento centrífugo al desplazarse hacia la periferia de un supuesto bloque ascendente, no aflorante en la actualidad.

Vitali (1945) y Rodríguez (1966) consideraron que los ríos Tunuyán y Mendoza se unían al este de las cerrilladas pedemontanas y constituían una gran red fluvial llamada río del Zonda que circulaba de sur a norte, con rumbo meridional. Estos se unían al norte con el río San Juan, en las proximidades del departamento Las Heras, en una posición más occidental que la actual. La separación de estos ríos se habría producido a fines del Pleistoceno, posiblemente por causas tectónicas. El río San Juan por su parte, fue migrando hacia el norte hasta su posición actual.

Rodríguez y Barton (1993) a partir de datos históricos mencionan que en 1647 los ríos Mendoza y Tunuyán estaban unidos, separándose en 1703, corriendo el río Mendoza en dirección al este. En 1777 el río Mendoza modificó su recorrido hacia el noreste y unas décadas después, comenzó a circular en dirección norte, ubicándose su cauce en distintas etapas, cada vez más al este hasta alcanzar su posición actual (Fig. 6). Por su parte, el río Tunuyán abandonó su posición meridional y comenzó su recorrido hacia el este. Sucesivamente va abandonando los cauces de norte a sur hasta ubicarse en su posición actual, vertiendo sus aguas hacia el oriente.

Este análisis apoyaría la hipótesis de un bloque de basamento ubicado a cierta profundidad cuyo ascenso habría obligado a las migraciones sucesivas de los ríos hacia la periferia. Este fenómeno podría compararse con el ocurrido en la sierra de Pie de Palo, durante el terremoto de 1977 (M 7,4) el cual produjo un desplazamiento vertical que mediante las nivelaciones geodésicas revelaron la existencia de una deformación permanente del suelo de 1,20 metros, mientras que el desplazamiento de las escarpas no superó los

0,30 metros (Bastias 1986). Esta diferencia de altura resultó consecuente con la correspondiente variación gravimétrica, según ha sido demostrado con mediciones de "g" antes y después del terremoto de 1977, en los trabajos de Robles e Introcaso (1988), Introcaso *et al.* (1995) e Introcaso *et al.* (1998).

CONCLUSIONES

Se aplicó el método de deconvolución de Euler para dos índices estructurales a una carta de anomalías de Bouguer que comprende la sierra de Pie de Palo y su extensión hacia el sur. Las alineaciones de las soluciones son coincidentes con la falla Desaguadero-Bermejo, el borde oriental de la Precordillera, la megafractura El Molle, y con un alto de basamento en el extremo sur de la sierra de Pie de Palo. Este tendría una forma trapezoidal de dimensiones similares a la actual sierra de Pie de Palo, con profundidades en su mayoría entre 10 a 20 kilómetros. Finalmente, a partir del análisis de las redes de drenaje de los principales ríos que atraviesan la región, como son los ríos San Juan, Mendoza y Tunuyán, es posible inferir la presencia de una estructura en ascenso y poco profunda, posiblemente relacionada con el basamento de Sierras Pampeanas y coincidente con el alto de basamento señalado por el método de deconvolución de Euler. Este proceso de levantamiento podría compararse con el ocurrido en el terremoto de 1977, luego del cual fue posible medir un desplazamiento vertical permanente del suelo de 1,20 metros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a CONICET por haber subsidiado el presente trabajo a través del PIP N° 6044. Al FONCYT por su aporte con el proyecto PICT REDES 2003 283, como asimismo al CICTCA por el proyecto E816.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alvarado, P., Beck, S., Zandt, G., Araujo, M. y Triep, E. 2006. Crustal deformation in the south-central Andes backarc terranes as viewed from regional broad-band seismic waveform modelling. *Geophysical Journal International* 163: 580-598.
- Bastias, H. 1986. Fallamiento Cuaternario en la región sismotectónica de Precordillera. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Tesis Doctoral (inédita): 147 p., San Juan.
- Bastias, H., Weidman, 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, Bariloche.
- Bastias, H., Uliarte, E., Paredes, J., Sanchez, A., Bastias, J., Ruzycski, L. y Perucca L. 1990. Neotectónica de la provincia de San Juan. 11° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 228-245, San Juan.
- Baldis, B., Uliarte, E. y Vaca, A. 1979. Análisis estructural de la comarca sísmica de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 4: 294-310.
- Baldis, B., Martínez, R., Villegas, C., Pereyra, M. E. y Perez, A.M. 1990. Estructura, Provincialismo Geológico y Unidades Tectonoestratigráficas. 11° Congreso Geológico Argentino, San Juan, Relatorio: 186 211, San Juan.
- Bettini, F. 1980. Nuevos conceptos tectónicos del centro y borde occidental de la cuenca cuyana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35: 579-581.
- Caminos, R. 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. *Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias* 1: 225 291, Córdoba.
- Comínguez, H. y Ramos, V. 1991. La estructura profunda entre Precordillera y Sierras Pampeanas de la Argentina: Evidencia de la sísmica de reflexión profunda. *Revista Geológica de Chile* 18: 3-14.
- Cortés, J. y Costa, C. 1996. Tectónica cuaternaria en la desembocadura del río de Las Peñas, Borde oriental de la Precordillera de Mendoza. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 225-238, Mendoza.
- Costa, C., Gardini, C., Diederix, H. y Cortés, J. 2000a. The Andean thrust front at Sierra de Las Peñas, Mendoza, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 13: 287-292.
- Costa, C., Machette, M., Dart, R., Bastias, H., Paredes, J., Perucca, L., Tello, G., y Haller, K. 2000b. Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Argentina. U.S. Geological Survey Open File Report 00-0108, 75 p., Denver.
- Costa, C., Gardini, C. y Diederix, H. 2005. Tectonics versus sedimentation at the Las Peñas River, Mendoza Precordillera. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 505, La Plata.
- 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.
- Jordan, T.E. y Allmendinger, R.W. 1986. The Sierras Pampeanas of Argentina: A modern analogue of rocky mountain foreland deformation. *American Journal of Science* 286: 737 764.
- Kadinsky-Cade, K. 1985. Seismotectonic of the Chilean margin and the 1977 Cauçete earthquake of western Argentina. Cornell University, PhD thesis, (inédita), 253 p., Ithaca.
- Introcaso, A., Pacino, M.C. y Fraga, H.R. 1990. Gravedad, Isostasia y acortamiento cortical andino entre las latitudes 30° S y 35° S. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 247-250, San Juan.
- Introcaso, A., Robles, J., Miranda, S., Martínez, M.P. y Gimenez, M.E. 1995. Nuevos Cambios Temporales de "G" y "H" en la Región Sismotectónica de la Sierra Pampeana Argentina de Pie de Palo. 4° Congreso Internacional de la Sociedad Brasileira de Geofísica y 1° Conferencia de la Unión Latino Americana de Geofísica. RIO'95, Actas: 1094-1097, Río de Janeiro.
- Introcaso, A., Robles, J.A., Sisterna, J. y Miranda, S. 1998. New temporary changes of "g" and "h" on the seismotectonic zone of Argentine Pampean Ranges: Pie de Palo, de La Huerta and Chepes. En Moore, D. y Hungr, O. (eds.) 8° International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, Proceedings 6 p.
- Martínez, M.P., Robles, J.A., Introcaso, A. y Giménez, M.E. 1993. Acortamiento y estudio estructural en la sierra de Pie de Palo a través de datos gravimétricos. San Juan. Argentina.

- 3° Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Actas 2: 1144-1149, Rio de Janeiro.
- Martínez, M.P., Giménez, M.E., Introcaso, A. y Robles, J.A. 1994. Anomalía Isostática de la sierra de Pie de Palo. San Juan. Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 657-661.
- Martos, L. 1999. Dinámica morfoestructural del paisaje cuaternario en el piedemonte oriental de la Precordillera Oriental, San Juan. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 279-282, Salta.
- Ortiz, A. y Zambrano, J. 1981. La Provincia Geológica Precordillera Oriental. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 59-74, San Luis
- Pardo, M., Comte, D y Monfret, T. 2002. Seismotectonic and stress distribution in the Central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 11-22.
- Ramos, V.A. 1999. Rasgos Estructurales del Territorio Argentino. 1. Evolución tectónica de la Argentina. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina, Anales* 29(24): 715-784.
- Ramos, V.A. 2004. Cuyania, an exotic block to Gondwana: Review of a historical success and the present problems. *Gondwana Research* 7(4): 1009-1026.
- Ramos, V.A. y Vujovich, G.I. 1995. Descripción geológica de la Hoja San Juan, provincias de San Juan y Mendoza, Servicio Geológico y Minero de Argentina, informe inédito, 230 p., Buenos Aires.
- Ramos, V., Cegarra, M., Lo Forte, G. y Domínguez, A. 1997. El frente orogénico en la sierra de Pedernal (San Juan, Argentina): Su migración a través de los depósitos sinorogénicos. 13° Congreso Geológico Chileno, Actas 3: 1709-1713.
- Ramos, V. A. y Vujovich, G. I. 2000. Hoja Geológica 3169-IV, San Juan, Provincia de San Juan. Boletín 243, Subsecretaría de Minería Nación, Servicio Geológico Minero Argentino, 82 p., Buenos Aires.
- Ramos, V. A., Cristallini, E.O. y Pérez, D.J. 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 59-78.
- Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J. y Somerton, I. W. 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler Deconvolution. *Geophysics* 55: 80-91.
- Robles, J. e Introcaso, A. 1988. Diferencias Temporales de gravedad en la Línea N23 (San Juan - Chepes) obtenidos entre 1970 y 1986. *Geoacta* 15(2): 35-44.
- Rodríguez, E. 1966. Estudio hidrogeológico del sector nordeste de la provincial de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21(1): 39-60.
- Rodríguez, E. y Barton, M. 1993. El Cuaternario de la llanura. En Ramos, V.A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, 12° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 173-194.
- Roy, L., Agarwal, B.N.P. y Shaw, R.K. 2000. A new concept in Euler deconvolution of isolated gravity anomalies. *Geophysical Prospecting* 48: 559-575.
- Thompson, D.T., 1982. EULDPH: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics* 47: 31-37.
- Triep, E. y Cardinali, C.B. 1984. Mecanismos de sismos en las Sierras Pampeanas Occidentales. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 61-80.
- Vitali, G. 1941. Hidrología Mendocina: Contribución a su conocimiento. Talleres Gráficos D'Accurzio, 245 p., Mendoza.

Recibido: 11 de noviembre, 2007

Aceptado: 25 de abril, 2008