

ESTUDIO GRAVIMETRICO DEL BORDE OCCIDENTAL DEL CRATON DEL RIO DE LA PLATA

Ramé G. A.¹ y Miró R. C.¹

1 - Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

g_rame2000@yahoo.com.ar

RESUMEN

El Orógeno Pampeano, aflorante en la región central de Argentina, se acopló tectónicamente al cratón del Río de la Plata entre los 550 y 520 Ma. Los afloramientos más orientales del Orógeno en las provincias de Santiago del Estero y Córdoba, corresponden a las sierras de Sumampa, Norte de Córdoba y la sierra de las Peñas al sur. A unos 120 km al este de estas serranías el cratón ha sido reconocido en la perforación Santiago Temple a 1km de profundidad (Córdoba, 31° 23'S – 63° 26'O) y descrito como un gabro norítico. Más hacia el este los afloramientos reconocidos en territorio argentino corresponden a la isla Martín García y a las sierras de Tandil. Diversos trabajos han sugerido que el contacto entre ambas unidades tendría la forma de una curva elíptica tangencial a la Sierra Chica de Córdoba, extendiéndose desde el extremo noroeste de Tandilia, alcanzando la sierra de Córdoba aproximadamente a los 32°S y luego curvándose hacia el noreste. Esta línea es coincidente en su traza con diferentes interpretaciones obtenidas a partir de perfiles gravimétricos y de magnetotélrica aunque nunca se ha dado con precisión. Mediante perfiles gravimétricos este-oeste se ha buscado dar una mayor precisión a la posición del contacto y a los elementos tectónicos de su entorno. Se puede inferir que el contacto tectónico a los 31°S entre el cratón y el arco magmático pampeano se encontraría a 70 km al este del pie de sierra.

PALABRAS CLAVES: Cratón Río de la Plata, Orógeno Pampeano, Gravimetría, Córdoba, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El cratón del Río de la Plata constituye un fragmento de Gondwana que abarca el sur de Brasil, Uruguay y gran parte del centro-este de la Argentina (Almeida et al. 1973). Dentro de la Argentina forma parte del sustrato continental de la Mesopotamia, la porción oriental de la llanura Chaco-Paranaense, el sector norte de la provincia de Buenos Aires hasta las sierras de Tandil y la isla Martín García (Dalla Salda et al. 1988). El extremo occidental del cratón (según coordenadas actuales) ha sido interpretado como un margen pasivo que a partir del Neoproterozoico (aprox. 630. Ma.) evolucionó a un margen activo al que se adosaron cinturones móviles principalmente durante la orogenia Pampeana (Rapela et al. 1998). El cratón del Río de la Plata esta compuesto en la porción expuesta de las sierras de Tandil por gneises graníticos a tonalíticos, migmatitas, anfibolitas y plutones graníticos (Complejo Buenos Aires). Datos geocronológicos de muestras obtenidas en perforaciones realizadas en el centro y sudeste de la provincia de Córdoba a profundidades que oscilan entre 3.400 y 1000 metros en diferentes litologías presentan picos de edades promedio entre 2,16 y 2,08 Ga

(Rapela et al. 2005) lo que confirma con seguridad la presencia del cratón del Río de la Plata en profundidad hasta aproximadamente el meridiano de 63° O. Al mismo tiempo el perfil litológico de las perforaciones indicaría que no se encuentran por encima de las rocas eoproterozoicas unidades metamórficas o intrusivas del orógeno Pampeano. Los estudios sísmicos muestran que bajo la llanura de Córdoba, entre los 64° O y el río Paraná, a los 60° O, la superficie del cratón presenta fuertes desniveles con bloques limitados por fallas de orientación norte-sur (Russo et al. 1979).

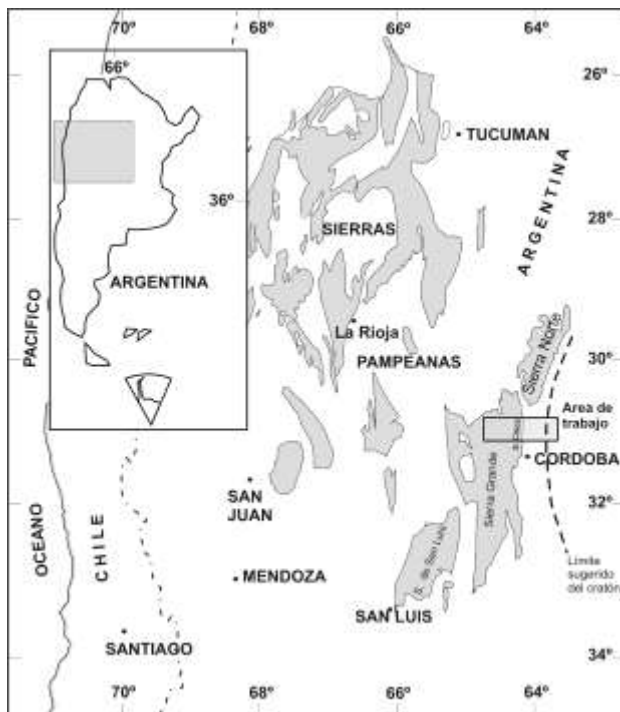
El orógeno Pampeano se desarrolló como un cinturón móvil adyacente a un área cratónica entre el Cámbrico Inferior y Medio cuyos principales afloramientos se encuentran en las Sierras Pampeanas de Córdoba, Tucumán, Salta y Jujuy. Las secuencias metamórficas pampeanas están compuestas por una espesa secuencia sedimentaria de plataforma distal con intercalaciones carbonáticas que entre los 22° y 30° de latitud S muestra un grado metamórfico bajo (Formación Puncoviscana) y hacia la provincia de Córdoba, entre 30° y 34° de latitud sur, muestra niveles corticales más profundos, con facies metamórficas de grado medio-alto, intruidas por granitos de tipo S. En la primera etapa del orógeno se desarrolló en el borde oriental un arco magmático con granitos metaluminosos de tipo I, cuyos remanentes más orientales afloran en las sierras Norte de Córdoba, de Sumampa y Ojo de Agua en Santiago del Estero y hacia el sur, en la sierra de las Peñas (Demichelis et al. 2004). El punto más occidental del CRP ha sido reconocido en el subsuelo en la perforación Santiago Temple (31° 23' S – 63° 26' O, Córdoba) y corresponde a un gabro norítico atravesado a 1km de profundidad.

El Orógeno Pampeano (OP) se acopló tectónicamente al cratón del Río de la Plata (CRP) en un período que oscila entre 550 y 520 Ma (Gromet y Simpson 1999; Rapela et al. 2005). Diversos trabajos han interpretado el contacto no visible entre ambas unidades (Ramos 1988) como una línea curva elíptica que sería tangencial a la Sierra Chica de Córdoba, extendiéndose desde el extremo noroeste de Tandilia, alcanzando la sierra de Córdoba aproximadamente a los 32° lat S y luego curvándose hacia el noreste (Rapela et al. 2007). Esta línea es coincidente en su traza con diferentes interpretaciones del borde occidental del cratón (Cordani et al. 2003) aunque nunca se ha dado con precisión. Trabajos de interpretación gravimétrica (Ramé et al. 1995) y de magnetotelúrica (Lopez et al. 2005) han sugerido la posición de este contacto.

METODOLOGIA

Con el objeto de modelar con más precisión la zona de contacto entre el OP y el CRP se realizaron perfiles gravimétricos atravesando las estructuras más significativas de la Sierra Chica entre los $30^{\circ}40'$ y $31^{\circ}20'$ de lat. S y los $63^{\circ}10'$ y $65^{\circ}10'$ de long. O (Figura N° 1).

El trabajo consistió en el relevamiento de 332 estaciones gravimétricas y topográficas que se extendieron desde el borde occidental de la Sierra Chica de Córdoba hasta unos 200 km hacia el este en la llanura pampeana. Los valores de gravedad observada (g_{obs}) fueron obtenidos utilizando un gravímetro LaCoste & Romberg G-961 y un Sodin 200T ambos con precisión 0,01 mGal, referidos a la red IGSN71 (International Gravity Standarization Net 1971). La ubicación y altitud de las estaciones se determinó utilizando dos equipos GPS topográficos de



simple frecuencia mediante la técnica GPS diferencial (DGPS), método estático rápido. Los datos fueron referidos al sistema WGS84 (World Geodetic System 1984). La precisión obtenida en la altitud fue por debajo del metro, garantizando una precisión en la gravedad menor a 0,2 mGal. El cálculo de las anomalías de Bouguer (AB) se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor teórico en cada estación y el g_{obs} reducido al nivel medio del mar, utilizando las correcciones de Aire Libre (0,3086 h), Bouguer (0,1119 h) y corrección topográfica.

FIGURA N° 1: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Utilizando el método de interpolación por mínima curvatura se construyó una grilla de AB a partir de la cual se elaboró un perfil E-O a los 31° S atravesando las principales unidades geotectónicas de la región. El perfil de AB generado fue procesado con el software Model Vision y utilizando el método gravimétrico inverso se construyó un modelo físico de corteza coherente con la geología regional, teniendo en cuenta la siguiente información: a) evidencias geológicas de superficie (hojas geológicas Jesús María y Villa Ojo de Agua, Miró y Sapp 2005); b) aeromagnetometría y radimetría interpretada por Sims et al. (1997) y c) espesores sedimentarios de la llanura de Córdoba y Santa Fe y datos de las perforaciones Santiago Temple, Saira, Arias y Ordoñez (Russo et al. 1979).

RESULTADOS

El perfil de AB obtenido permite definir a la zona en tres sectores bien diferenciados. Un sector oriental dominado por valores de AB relativamente más elevados, un sector central o zona de gradiente gravimétrico decreciente hacia el oeste y un sector occidental con valores de AB relativamente más bajos. Según Introcaso (1977) la zona de gradiente se ajustaría asignando a toda la corteza una densidad lateral uniforme pero con un incremento en su espesor hacia el oeste. Ramé et al. (1995) introdujeron el concepto de variación lateral de densidades, vinculado a un evento orogénico representado por un modelo simple de dos bloques en contacto colisional con dirección de paleosubducción hacia el este. Este modelo se elaboró en correlación con el modelo geotectónico de Ramos (1988) en el cual el CRP ubicado en el sector oriental habría colisionado con un terreno que denominó Pampia situado al oeste. Ante las nuevas evidencias geológicas descritas en este trabajo y con el objetivo de modelizar con más precisión el contacto entre el OP y el CRP se construyó un modelo de mayor complejidad que involucra un evento orogénico de edad paleozoica y un evento tectónico compresivo de edad cenozoica en el que se reconocen varias unidades geotectónicas y estructurales.

Modelado del Orogeno Pampeano y el cratón

En el modelo propuesto se identificaron las siguientes unidades geotectónicas de primer orden de este a oeste: 1) el CRP; 2) una faja de cizalla que representa la sutura principal entre el OP y el CRP; 3) el arco magmático Pampeano, que fue diferenciado en tres sectores de densidad creciente de este a oeste; 4) la faja de cizalla Carapé; 5) la porción occidental del prisma de acreción conformado por el complejo metamórfico La Falda; 6) una zona de sutura representada por la cizalla de Matacaballos; 7) el terreno occidental, compuesto por el complejo metamórfico Cruz del Eje; 8) la faja de cizalla Guamanes y 9) el complejo metamórfico Pichanas, en el extremo oeste del perfil. Habiendo considerado estas unidades geotectónicas en el modelo, existe un desajuste entre la curva de AB observada y AB calculada. Este desfasaje se traduce en una anomalía de segundo orden que debería ser compensada en parte por el efecto gravimétrico de la tectónica cenozoica (Figura N° 2).

Según Thomas (1983) el gradiente gravimétrico que presenta la sierra Chica de Córdoba permitiría corroborar que la dirección de paleo-subducción habría sido hacia el este. Una alternativa al modelo propuesto sería suponer que no existe tal acople tectónico entre el CRP y el OP, es decir que el arco magmático se habría instalado en el borde oriental del cratón. De ser así, la anomalía de Bouguer debería ajustarse mediante la modelación de una zona de

menor densidad al este del arco magmático de amplio desarrollo que podría correlacionarse con una cuenca de retroarco de grandes dimensiones.

Modelado de la tectónica cenozoica

Introcaso et al. (1987) basándose en el modelo estructural de Gonzales Bonorino (1950) representado por grandes bloques basculados separados por fallas inversas de tipo lístrico, realizaron un modelo utilizando una sección gravimétrica que atraviesa las Sierras de Córdoba, en donde la superficie de despegue habría sido el fondo de corteza. Estudios de sismica de reflexión profunda coinciden en que las fallas inversas tienden a horizontalizarse con la profundidad, con un plano de despegue entre los 15 y 20 km (transición de corteza fragil-ductil; Criado Roqué et al. 1981; Cominguez y Ramos 1991). En nuestro modelo, el efecto gravimétrico residual se ajusta con la existencia de escamas de corteza inferior que ocupan parte de corteza superior en correlación con el fallamiento lístrico de las Sierras Pampeanas (Figura N° 2). Esta porción de corteza inferior más densa ocupa un sector de menor densidad

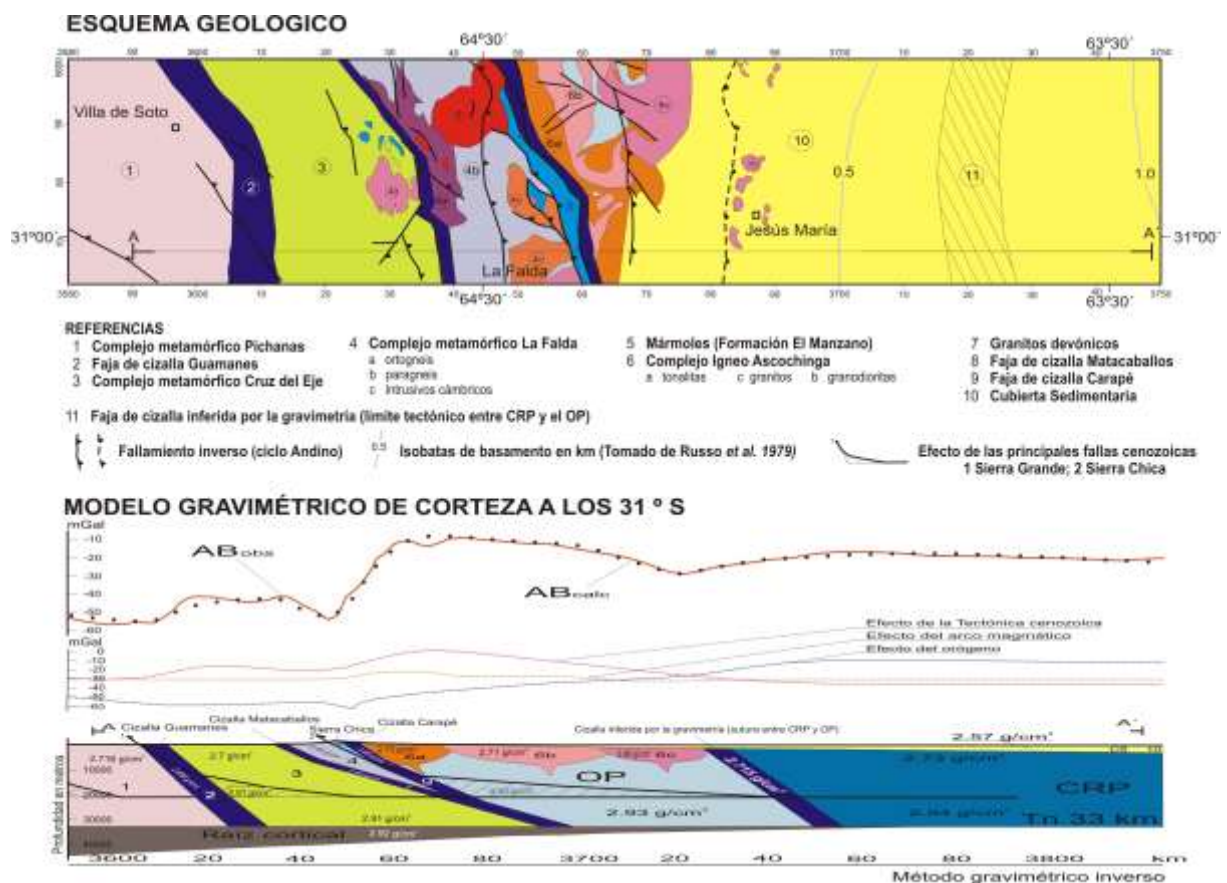


FIGURA N° 2: ESQUEMA GEOLOGICO Y MODELO GRAVIMETRICO DE CORTEZA

generando un contraste positivo que compensa los residuos negativos del modelo orogénico descrito anteriormente. La superficie de despegue adoptada se situaría entre los 15 y los 20 km de profundidad y el rechazo máximo calculado sería de 10 km aproximadamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Geofísica Fernando Volponi (Universidad Nacional de San Juan) y al Instituto de Física de Rosario (Universidad Nacional de Rosario) por el apoyo logístico brindado para realizar tareas de campaña.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA, F.F. DE; AMARAL, G.; CORDANI, U.; & KAWASHITA, K. 1973. The precambrian evolution of the South American Cratonic Margin, South of the Amazon River. In: The ocean basins and margins, eds. Nairn, A. E. and Stehli, F., pp. 411-446. Chapter XI.
- COMINGUEZ, A.H. y RAMOS V.A. 1991. La estructura profunda entre Precordillera y sierras Pampeanas de la Argentina: Evidencias de la sísmica de reflexión profunda. *Revista geológica de Chile* 18(1): 3-14.
- CORDANI, U.G.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; BRITO-NEVES, B. B.; TRINDADE, R. I. F. 2003. Tearing up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of S. American cratonic fragments: *Terra Nova*, v.15, p.350-359.
- CRIBADO ROQUE, P.; MOMBRU C. y RAMOS V.A. 1981. Estructura e interpretación tectónica. En: Yrigoyen Ed., *Geología y Recursos naturales de la provincia de San Luis*. En: Yrigoyen Ed. VIII Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 155-192. Buenos Aires.
- DEMICHELI, A.H.; HERNANDEZ, L.B.; RABBIA, O.M.; TIBALDI, A. 2004. Termobarometría anfíbolplagioclasa en un cuerpo ígneo del complejo de Las Peñas, Sierras Pampeanas Orientales (2004). *Avances en Mineralogía, Metalogenia y Petrología* 2004, 7mo. Congreso de Mineralogía y Metalogenia, 20-22 Octubre de 2004, Río Cuarto, Argentina, pag 309-314
- DALLA SALDA, L.; BOSSI, J. & CINGOLANI, C. 1988. The Rio de la Plata Cratonic Region of Southwestern Gondwanaland. *Episodes*, 11 (4), 236-269.
- GROMET, L. P. & SIMPSON, C. 1999. Age of the Paso del Carmen pluton and implications for the duration of the Pampean Orogeny, sierras de Córdoba, Argentina. XIV Congreso Geológico Argentino: 149-151.
- INTROCASO, A. 1977. Resultados gravimétricos a través de la parte media de la Sierra de Córdoba, República Argentina. *Rev Geofísica I.P.G.H.*, 6: 119-131.
- _____; LION, A. y RAMOS, V.A. 1987. La estructura profunda de las Sierras de Córdoba. *Asociación Geológica Argentina. Rev.*, XLII,(1-2): 177-187.
- LOPEZ DE LUCHI, M. G.; FAVETTO, A.; POMPOSIELLO, C.; BOOKER, A. 2005. Magnetotelluric evidences for the suture between the Río de la Plata and Pampean cratons at 31° 40'S, Córdoba province, Argentina. 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG), extended abstracts: 446-449. Barcelona, España.
- MIRO, R.C. y SAPP, M. 2005. Hoja Geológica 2963-III, Villa Ojo de Agua. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 315.
- RAMÉ, G.; KRAEMER, P.; INTROCASO, A. 1995. Evidencia geofísica de un orógeno colisional para el basamento proterozoico de las Sierras de Córdoba, Argentina. I Congreso Latinoamericano de Geofísica Río'95, II:1041-1044. Brasil.
- RAMOS, V.A. 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America: a collisional story, *Episodes* 11: 168-174.
- RAPELA, C.; PANKHURST, R.; GASQUET, C.; BALDO, E.; SAAVEDRA, J.; GALINDO, C. & FANNING, C. 1998. The Pampean orogeny of the southern proto-Andes: evidence for Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. In: The proto-Andean margin of South America, eds. Pankhurst, R. and Rapela, C. pp. 181-217. Geological Society, London, Special Publication 142.
- _____; FANNING, C. & PANKHURST, R. 2005. The Rio de la Plata Craton: the search for its full extent. *Gondwana* 12, Mendoza, Abs
- _____; PANKHURST, R.J.; CASQUET, C.; FANNING, C. M.; BALDO, E. G.; GONZALEZ CASADO, J. M.; DAHLKIST, J. 2007. The Río de la Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth -Science Reviews*, Volume 83, Issues 1-2, July 2007, Pages 49-82.
- RUSSO, A.; FERELLO, R.; CHEBLI, G. 1979. Llanura Chaco Pampeana. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, vol. I: 139-183. Córdoba. Argentina.
- SIMS, J. P.; SKIRROW, R.; STUART-SMITH, P. G.; LYONS, P. 1997. Report on Geology and Metallogeny of the Sierras de San Luis and Comechingones, mapa 1:250.000, provincias de San Luis y Córdoba. Geoscientific mapping of The Sierras Pampeanas. Argentine – Australia Cooperative Project, Anales Servicio Geológico Minero Argentino, 28. Buenos Aires.
- THOMAS, M.D. 1983. Tectonic significance of paired gravity anomalies in the southern and Central Appalachians; in Hatcher & Williams, 1983. *Contributions to the Tectonics and Geophysics of Mountain Chains*. Geological Society of American, Memoir 158.