

Interpretación geológica de los datos geofísicos del sector oriental de la provincia de La Pampa

José KOSTADINOFF^{1,3}, Eduardo LLAMBÍAS^{2,3}, Ariel RANIOLO^{1,3} y Guillermina ALVAREZ¹

¹ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, San Juan 670, (8000) Bahía Blanca

² Universidad Nacional de La Plata, Centro de Investigaciones Geológicas, Calle 1 N° 628, (1900) La Plata

³ CONICET

E-mail: gfkostad@criba.edu.ar

RESUMEN. El sector este de la provincia de La Pampa, comprendido entre los 66° y 63° de longitud oeste y los 35° y 37° de latitud sur, fue estudiado utilizando métodos gravimétricos, magnetométricos y escintilométricos. El área estudiada es de 87.000 km². Los mapas gravimétricos y magnetométricos muestran diferentes diseños. El campo magnético terrestre muestra dos diferentes áreas, una negativa (déficit de masa) en el sector oeste del área prospectada y la otra positiva (exceso de masa) en el sector este. El área negativa coincide con la distribución de las rocas riolíticas permotriásicas y granitos que se hallan en el área de Chadileuvú. El área positiva es atribuida a la extensión sur del basamento de las Sierras Pampeanas. En esta área se ha reconocido un *rift* con rumbo NNO - SSE de 240 km de longitud y 15 km de ancho. Los modelos gravimétricos indican que éste contiene 4.900 m de roca sedimentaria. Esta estructura es nueva y se ha denominado *rift* de Quehué.

Palabras clave: Geofísica, Gravimagnetometría, Estructura, Litología, La Pampa

ABSTRACT. Geological interpretation of geophysical data from eastern La Pampa province. The eastern part of La Pampa province, between 66°W and 63°W and 35°S and 37°S was studied using gravimetric, magnetometric and scintillometric methods. The area studied covers 87,000 km². The gravimetric and magnetic total field charts show different patterns. The gravimetric terrestrial field shows two different areas: a negative one (deficit of mass) in the west and a positive one (excess of mass) in the east. The negative area coincides with an area of Permo-Triassic rhyolites and granites in the Chadileuvú block, whereas the positive area is attributed to the southern extension of the basement of the Sierras Pampeanas. In this area a rift trending NNW-SSE, 240 km long and 15 km wide was recognised. The gravimetric model indicates that it contains a 4,900-m thickness of sedimentary rocks. This structure is new and it has been named the Quehué rift.

Key words: Geophysics, Gravimagnetometric, Structure, Lithology, La Pampa

Introducción

La provincia de La Pampa se encuentra en el centro de Argentina y es una zona de transición entre Patagonia y el resto del país. Las diferencias geológicas entre ambas regiones ya han sido señaladas por Keidel (1922, 1939), no descartándose que los núcleos más antiguos de la Patagonia correspondan a un continente diferente del de Gondwana como ha sido postulado por Ramos (1984). Tampoco es clara la relación entre las unidades geológicas de La Pampa y las de la provincia de Buenos Aires, ya que se interpone entre ambas una espesa cobertura sedimentaria que impide su conocimiento.

Lamentablemente los afloramientos del sector central de La Pampa, cuya importancia geológica es relevante para comprender la relación entre la Patagonia y el resto del país, tienen reducidas dimensiones. El relieve es muy suave, casi el de una llanura, y la amplia cobertura sedimentaria neógena, impide la identificación precisa de las rocas más antiguas y de

sus estructuras. No obstante, los estudios que se han llevado a cabo durante los últimos años han permitido establecer, aunque en forma preliminar, dos grupos de estructuras: 1) las N-S, cuyas edades predominantemente son del Paleozoico temprano y que delimitan grupos de rocas con edades proterozoicas, al oeste de la región estudiada, y del Paleozoico temprano, y 2) las NO-SE, cuyas edades son del Paleozoico tardío y controlan la efusividad del ciclo ígneo Choiyoi, de edad permo-triásica (Linares *et al.* 1980; Tickyj 1999; Sato *et al.* 1998, 1999, 2000).

Esta investigación tiene por finalidad delimitar por medios geofísicos las características geológicas del basamento que se halla, en su mayor parte, cubierto por un delgado espesor de rocas sedimentarias.

Se utilizaron métodos potenciales, gravimetría y magnetometría, que permitieron calcular las anomalías de la corteza terrestre y, con ellas, elaborar modelos geológicos sobre la extensión de cada una de las rocas del basamento, su estructura, y en determinadas condiciones, su composición petrográfica. Esto

último es posible cuando en la región estudiada los pequeños afloramientos se correlacionan con las anomalías geofísicas.

Si bien los afloramientos de las rocas del basamento de la provincia de La Pampa (eruptivas y metamórficas) son escasos y dispersos, son suficientes para elaborar un modelo geológico sobre la base de las anomalías gravimagnéticas observadas.

En esta primera etapa se relevó la parte oriental porque cuenta con una altimetría adecuada para esta investigación. Será necesario continuar en lo futuro hacia el oeste para obtener una mayor expresión regional de las grandes estructuras. La carencia de una topografía con información altimétrica adecuada, dificultará sin duda esta segunda parte de la investigación.

Durante este relevamiento, de 87.000 km², se han encontrado diversas estructuras cuyas interpretaciones serán analizadas en el presente trabajo.

Área de estudio

Se encuentra ubicada al este de la longitud 66°00' hasta el límite con la provincia de Buenos Aires, y abarca al sur de los 35°00' de latitud hasta el río Colorado (Fig. 1). La región se caracteriza por un paisaje de llanura con varias singularidades geográficas destacables como los valles (Maracó, Utracán, Daza, Gral. Acha, Argentino, Quehué), salinas (Grandes, Colorada Grande, Anzoategui, La Negra, San Máximo), lagunas (La Amarga, Urre Lauquen, La Dulce, La Blanca Grande, Callaqueo), elevaciones (Lihué Calel, cerro Los Viejos, sierra del Choique Mahuida, sierra Chata y sierra Chica) y los ríos Colorado y Curacó.

En gran parte de estos lugares se hallan los afloramientos de rocas que han sido utilizados para el modelo geológico y geofísico de la región.

Marco geológico

Las rocas pre-triásicas de la provincia de La Pampa se distribuyen en una faja NO-SE y fueron agrupadas por Criado Roqué (1972) en el Cinturón Móvil Mendocino – Pampeano, que posteriormente fue designado como Provincia Geológica Sanrafaelino – Pampeana (Criado Roqué e Ibañez 1979). Esta distribución, oblicua a las estructuras N-S tan comunes en la Argentina, ya había sido reconocida por Windhausen (1931, p. 159 y 513) quien la denominó arco de los Gondwánides, y la caracterizó por los «plegamientos interpérmicos».

Los trabajos realizados posteriormente permitieron determinar que las rocas ígneas del ciclo Choiyoi son las únicas que siguen la orientación señalada. Ella se debe al control ejercido por estructuras con este rumbo

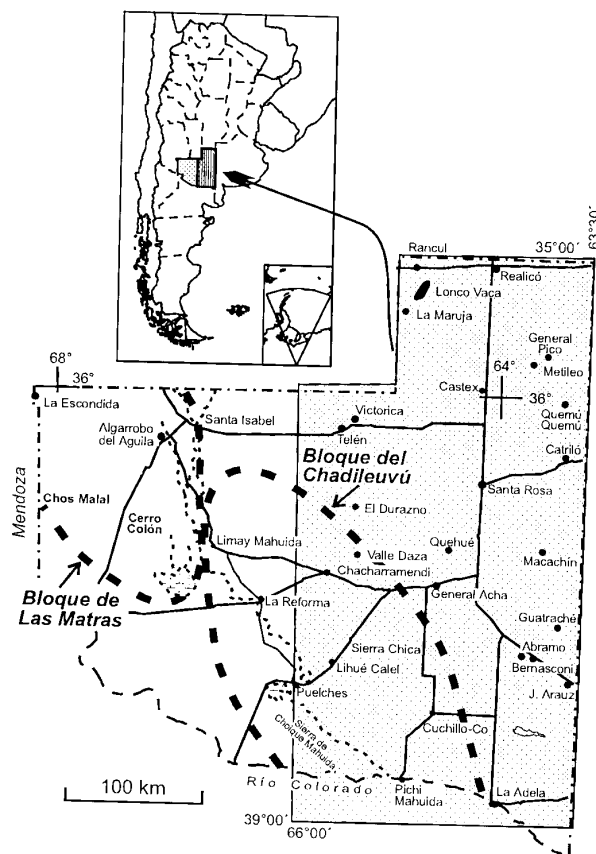


Figura 1: Mapa de ubicación.

(Linares *et al.* 1980; Llambías *et al.* 1996). Con anterioridad al Paleozoico tardío los afloramientos tenían una distribución N-S, y los estudios recientes (Sato *et al.* 1998, 1999; Tickyj 1999; Melchor *et al.* 1999) han permitido establecer dos grandes grupos de afloramientos: 1) al este de Limay Mahuida (66°30'O) las rocas son correlacionables con las de las Sierras Pampeanas de San Luis; 2) al oeste de Limay Mahuida se encuentran rocas con edades Grenvillianas y que son correlacionables con las de la sierra de Pie de Palo y con la Precordillera. Estas diferencias permitieron agrupar a las rocas de La Pampa en dos Bloques: 1) Chadileuvú, al este de Limay Mahuida (Llambías *et al.* 1996), y 2) Las Matras, al oeste (Sato *et al.* 1999, 2000). La presente investigación abarca la parte oriental del Bloque del Chadileuvú.

Bloque del Chadileuvú

Las unidades más importantes anteriores al ciclo ígneo Choiyoi están constituidas por metamorfitas ordovícicas, granitoides con diversas edades dentro del Paleozoico inferior y sedimentitas pérmicas.

Metamorfitas: Los afloramientos tienen pequeñas dimensiones y se encuentran dispersos en gran parte de la región oriental de la provincia de La Pampa.

Debido a la amplia distribución que abarcan los afloramientos de estas rocas, que se extienden desde Lonco Vaca y Valle Daza hasta el norte del río Colorado, se infiere que esta unidad puede constituir una buena parte del basamento de esta región. De acuerdo con la intensidad del metamorfismo se han distinguido dos grupos de metamorfitas: 1) de bajo grado; y 2) de grado medio. Las rocas de bajo grado pertenecen a la facies metamórfica de esquistos verdes baja, y conservan en parte las estructuras sedimentarias. Son filitas y esquistos en los que la muscovita, clorita y cuarzo son los minerales mayoritarios. Las metamorfitas de grado medio pueden encuadrarse en la facies de anfibolita entre baja y alta. En Valle Daza la roca predominante es un gneis biotítico granatífero con cuarzo, plagioclasa y escaso feldespato potásico. En Paso del Bote, a unos 10 km al NO de Puelches, afloran gneises y anfibolitas. En las lomas de Lonco Vaca se encuentran esquistos micáceos y anfibolitas intruidos por granitos y pegmatitas (Párica 1986).

Las edades obtenidas de ambos grupos de metamorfitas están comprendidas entre 461 y 467 Ma, correspondiendo al Ordovícico. Por la litología y por la edad del metamorfismo son correlacionables con las metamorfitas de la sierra de San Luis.

En Valle Daza han sido halladas anfibolitas (Stappenbeck 1913). Linares *et al.* (1980) describieron una granoblastita piroxénica-anfibólica que dataron (K/Ar) en 884 ± 25 Ma. Estas rocas no volvieron a ser halladas porque al encontrarse en el centro de una salina fueron cubiertas por la precipitación de la sal. Sin embargo, debemos hacer notar aquí que la presencia de esta roca revela la posible existencia de rocas máficas, probablemente metamorizadas, en esta región.

Granitoides del Paleozoico inferior: Afloran principalmente en el sector central y sur de La Pampa, en las inmediaciones de los ríos Colorado y Curacó. También se los reconoce en el sector central de esta provincia en forma sub-aflorante en una faja que se extiende de sur a norte hasta la sierra de Lonco Vaca, cerca del límite con San Luis.

En la región de Pichi Mahuida afloran granodioritas con anfíbol y biotita y monzogranitos con biotita y megacristales de feldespato potásico. Las edades de las granodioritas (U/Pb en circones) dan para Pichi Mahuida 503 ± 54 Ma y para Salto Andersen 431 ± 12 Ma (Tickyj 1999; Tickyj *et al.* 1999), mientras que los monzogranitos del río Curacó son algo más jóvenes, con edades de 397 ± 25 Ma. Las granodioritas incluyen xenolitos de esquistos y gneises, cuyas edades aún no han sido determinadas. La granodiorita de Salto Andersen intruye a una sedimentita, cuya edad no ha sido determinada. Esta roca presenta metamorfismo térmico.

Se han distinguido dos unidades sedimentarias paleozoicas que se detallan a continuación:

Arenitas y pelitas: Solamente se las ha reconocido en Salto Andersen, como caja de la granodiorita, cuya edad es de 431 Ma (Tickyj 1999; Tickyj *et al.* 1999). Están afectadas térmicamente por la intrusión de la granodiorita. No se han datado estas sedimentitas, pero son más antiguas que la granodiorita. Tampoco se ha establecido si tienen alguna relación con las rocas metamórficas.

Formación Carapacha: Está constituida mayormente por areniscas (80 % del espesor medio), escasas pelitas y rocas conglomerádicas. La mayor parte de las areniscas son arenitas arcóscicas, ricas en plagioclasa y, en menor proporción, wackes arcóscicas, subarcosas y areniscas líticas (Melchor 1999). El espesor integrado de los dos miembros reconocidos es de aproximadamente 900 metros.

Cretácico: Un minúsculo afloramiento de areniscas que contiene huevos de dinosaurios ha sido recientemente mencionado en la localidad de Hucal por Casadío *et al.* (2000).

Bloque Las Matras

Las rocas previas al ciclo ígneo Choiyoi están constituidas por tonalitas y trondhjemitas proterozoicas, calizas ordovícicas y arenitas cuarzosas carboníferas.

Las tonalitas y trondhjemitas de 1,2 Ga (edad Grenvilliana) afloran solamente en un área muy reducida en el NO de la provincia de La Pampa y representan las rocas más antiguas de esta provincia. No se las ha reconocido en el área abarcada por este estudio. Estas rocas han sido correlacionadas con otras de similar edad del Bloque de San Rafael y de Sierras Pampeanas Occidentales (Sato *et al.* 1998, 1999, 2000) atribuidas al ciclo Grenvilliano.

Calizas y mármoles (Formación San Jorge): Afloran al oeste y sudoeste de Limay Mahuida en los cerros Rogaziano y San Jorge. En parte son mármoles porque están afectadas por una deformación y recristalización (Tickyj 1999). Melchor *et al.* (1999) han datado estas calizas como ordovícicas y las han correlacionado con las calizas de Ponón Trehué en el Bloque de San Rafael y con las de la Precordillera.

Entre Lihué Calel y Cuchillo Co se han reconocido pequeñas lomas con regolito de calizas similares en su aspecto a las de Rogaziano y San Jorge. Estos asomos entran en el área del presente estudio.

Arenitas cuarzosas (Formación Agua Escondida): Se hallan exclusivamente en el bloque de Las Matras y

sus afloramientos más orientales están cerca de Limay Mahuida. En el área donde hemos efectuado el relevamiento gravimétrico no se han hallado. Su edad se estima como del Carbonífero tardío, por correlación con las sedimentitas de esta edad en Agua Escondida.

Volcanitas y plutonitas del Pérmico a Triásico Inferior: Constituyen un vasto *plateau* riolítico (Llambías y Leveratto 1975) cuyos afloramientos se extienden a lo largo de una faja de rumbo NO-SE, abarcando los bloques de Las Matras y Chadileuvú. Esta faja se encuentra desde el noroeste de la provincia, en las cercanías de La Escondida, hasta el río Colorado, cerca del dique Andersen. Está formada principalmente por ignimbritas riolíticas a dacíticas, con escasa participación de andesitas y domos subvolcánicos dacíticos a riolíticos. La presencia de algunas cúpulas de plutones de monzogranitos revela la existencia de plutones más extensos en el subsuelo. En general las ignimbritas son compactas, macizas y con una densidad equivalente a la de una roca ígnea silíceica sin poros, características propias de un intenso soldamiento, por lo cual han sido descriptas como ignimbritas reomórficas (Quenardelle y Llambías 1997), también denominadas ignimbritas de alto grado. Esto significa que salieron a la superficie con una temperatura suficientemente elevada como para fluir como coladas.

Los espesores de las riolitas en general no superan un par de centenares de metros. No obstante en las sierras de Lihué Calel los espesores superan los 1.000 m (Llambías 1975; Sruoga y Llambías 1992). Se considera que este espesor no tiene carácter regional y Sruoga y Llambías (1992) lo explicaron como el relleno de una caldera.

Sedimentitas del Cenozoico: Tienen una amplia distribución en La Pampa. Las rocas más antiguas pertenecen al Eoceno y se encuentran en el borde sur-oriental de la provincia, en la meseta de El Fresco. No se hallan en la comarca que abarca este estudio.

Las sedimentitas loesoides y areniscas finas limosas continentales neógenas cubren amplias extensiones y sus afloramientos están distribuidos en casi toda la provincia de La Pampa. Son horizontales y sus espesores no superan los 100 metros. Estas rocas han sido erosionadas en valles de rumbo ENE-OSO en la parte central y oriental de La Pampa.

Estructuras más importantes

Las grandes estructuras en La Pampa no son fácilmente observables debido a la amplia cobertura neógena. En cerro Los Viejos se han reconocido ortogneises miloníticos causados por una deformación dúctil. El rumbo de esta estructura es N30°O y es coincidente con el rumbo de las estructuras metamórficas

(Tickyj 1999). El rumbo de la faja donde se ha desarrollado el magmatismo pérmico también tiene un rumbo NO-SE.

Los movimientos verticales de la corteza con posterioridad al ciclo Choiyoi disminuyeron notablemente, de tal modo que todavía se conservan las volcanitas que fluyeron sobre la superficie y se encuentran en gran parte del área del presente estudio.

La cuenca de Macachín se ubica en el oeste de la provincia de La Pampa. Esta cuenca comenzó su apertura durante el Cretácico, y forma parte del conjunto de cuencas relacionadas con la apertura del océano Atlántico.

Antecedentes geofísicos

Las exploraciones geofísicas en la provincia de La Pampa son escasas y están restringidas al extremo este de la Cuenca Neuquina, donde la industria petrolera demostró su máximo interés en las últimas décadas. Otra cuenca menos estudiada, pero con suficiente información, es la denominada de Macachín: (Salso 1966; Yrigoyen 1975; Fraga y Nocioni 1987). La búsqueda de agua en la provincia de La Pampa llevó a la Administración Provincial del Agua a utilizar varias técnicas de prospección geofísica, destacándose el informe de Font y Mateo (1990), donde se describen las anomalías gravimétricas halladas entre Abramo y el río Colorado. Los trabajos de Salso (1966) e Yrigoyen (1975) mencionan en esta cuenca, y de acuerdo con la sísmica, espesores sedimentarios de más de 2.400 metros. Yrigoyen (1975) y Font y Mateo (1990) esbozan ideas sobre la estructura geológica.

Fraga y Nocioni (1987) realizan el cálculo de la subsidencia de esta cuenca mediante diagramas de tiempo – profundidad concluyendo que los máximos valores se obtuvieron durante el Cenozoico.

Finalmente debemos mencionar las interpretaciones de secciones sísmicas realizadas por de Elorriaga y Camillett (1999) entre Anguil y Catriló, en el sector central de la cuenca.

Metodología

Las mediciones geofísicas se realizaron en las especialidades de magnetometría, gravimetría y escintilometría. Para las observaciones del campo magnético terrestre se utilizó un magnetómetro de precesión nuclear Geometric G-826. La variación diurna geomagnética, que afecta en forma temporal a todas las observaciones, se corrigió con los magnetogramas de la estación geomagnética Las Acacias, del Observato-

rio Astronómico de La Plata. Para hallar las anomalías magnéticas, además de la corrección de la variación diurna, se restó el valor del *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

En los mismos lugares donde se realizó magnetometría se midió la aceleración de la gravedad, la intensidad total de radiación gamma y la susceptibilidad magnética de las rocas aflorantes.

Los valores del campo gravimétrico terrestre se obtuvieron con un gravímetro geodésico Worden.

La prospección se llevó a cabo a nivel regional con una separación de estaciones de 6 kilómetros.

Los valores de anomalías de los campos gravitatorio y magnético sirvieron para confeccionar perfiles y mapas que permitieran modelar la estructura.

En los lugares donde las manifestaciones de rocas del basamento eran más destacables se extrajeron muestras para realizar análisis petrográficos.

Para un mejor cálculo de los modelos geológicos, la información se complementó con determinaciones en laboratorio de la densidad de las rocas seleccionadas en el área de trabajo.

El posicionamiento de las estaciones se realizó con equipos GPS modelo Garmin SRV-100. Las estaciones gravimétricas se ubicaron sobre mojones del Instituto Geográfico Militar (IGM) con el fin de mantener una alta precisión en las cotas utilizadas para el cálculo de las anomalías gravimétricas. La selección de estos mojones se efectuó previamente tomando como base las cartas geográficas en escala 1:100.000 y 1:50.000; en aquellos lugares donde la vacancia de mojones impedía mantener la densidad de estaciones regionales se obtuvo la altimetría con un altímetro Petrel. Toda la información se procesó en PC con programas ya elaborados y calibrados anteriormente Geolink™. Los modelos 2D y 3D (Figs. 2 y 3), se obtuvieron a partir de programas comerciales ya existentes como el Surfer™.

Resultados

Gravimetría

Observando la intensidad y la longitud de onda en los mapas de anomalías de Bouguer (Figs. 2 y 3) fue posible determinar dos áreas con diferentes características: una con valores positivos y de gran longitud de onda ubicados en el sector este del borde oriental del bloque de Chadileuvú, y el otro con anomalías negativas y de menor longitud de onda al oeste de la anterior.

El sector occidental, ubicado al oeste de la línea imaginaria que une Victorica – Pichi Mahuida (Fig. 4) se caracteriza por un déficit de masa identificado por mínimos gravimétricos menores de -30 miliGales, el cual se ajusta perfectamente a la ubicación del bloque de

Chadileuvú (Fig. 2). La superficie cubierta por esta singularidad es de 32.000 km cuadrados. La distribución de los mínimos no es homogénea, reconociéndose tres áreas con altos gravimétricos de 450 km² de superficie en promedio.

Al oeste de Chacharramendi se encuentra un óvalo, de 60 por 30 km, con un mínimo de -65 miligales y cuyo centro coincide con un afloramiento de leucogranitos en el paraje denominado Loma Alta (Linares *et al.* 1980). Por lo tanto, debido a la coincidencia geográfica y geológica más los resultados geofísicos, no es arriesgado suponer la presencia de un batolito cubierto con sedimentos modernos y una extensión superficial de 1.400 km cuadrados.

Continuando hacia el sur y el norte de este batolito se hallan los mínimos gravimétricos de sierra Chata (-55 miliGales) y Jagüel del Monte (-51 miliGales), respectivamente (Fig. 5). Por similitud y extensión de la magnitud de las anomalías de Bouguer en sierra Chata y Jagüel del Monte y el tamaño de las mismas (sierra Chata, 314 km², y Jagüel del Monte, 1.800 km²), nos permite proponer que estas son debidas a plutonitas graníticas.

Al este de estas plutonitas existen tres altos gravimétricos orientados N-S en la línea Valle Daza-Sierra Chica. El que se ubica al sur corresponde a la zona de Valle Daza, donde afloran esquistos biotíticos y gneises, además de granoblastitas piroxénicas descriptas por Linares *et al.* (1980). Las otras dos singularidades se hallan en el paraje denominado El Durazno y Estancia Coya, donde no se han hallado rocas que permitan su identificación.

El sector oriental, al este de la línea Victorica – Pichi Mahuida, se caracteriza por tres zonas con valores de anomalías de Bouguer mayores de -4 miliGales que denominaremos: Doblas, Anchorena y Rancul, de gran longitud de onda y desarrollo areal. Rodeando estas singularidades geofísicas se encuentran sectores de menor longitud de onda, amplitud y superficie. El total de todo este sector es de 50.000 km cuadrados. Dentro del mismo es destacable un lineamiento de mínimos de anomalías de Bouguer de 350 km de longitud y 15 km de ancho que denominaremos Quehué; el mismo se desarrolla con un azimut de 330°. Los otros bajos gravimétricos en el límite con la provincia de Buenos Aires se hallan en el sector de la cuenca del Macachín y, finalmente, en el borde con la provincia de Córdoba, se visualiza un mínimo en coincidencia con la extensión de la cuenca de Laboulaye. El lineamiento Quehué está marginado por altos gradientes gravimétricos del orden de 2 miliGales/km. La expresión en superficie del lineamiento de Quehué no es obvia y solamente se puede apreciar por el lineamiento NO-SE que se evidencia en las barrancas de los valles transversales (ENE-OSO) de Epupel, Maracó Chico (Gamay) y Utracán-General Acha (Fig. 6).

El lineamiento gravimétrico N-S Macachín-Guatra-

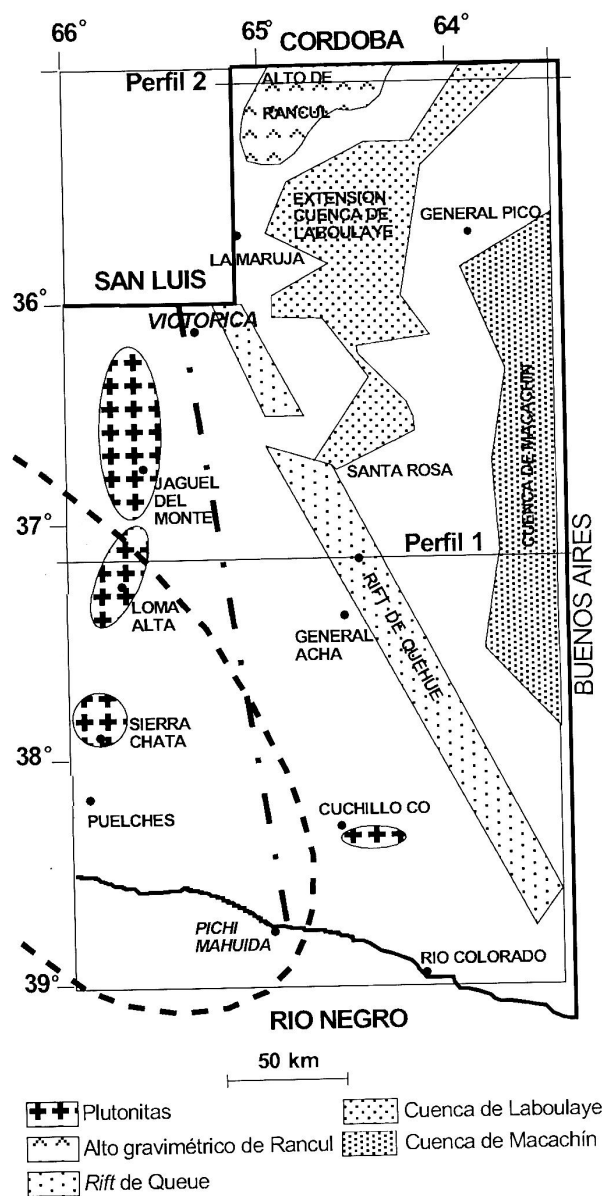


Figura 4: Unidades geológicas, geofísicas y topográficas del área estudiada. ■■■■■ Línea Victorica - Pichi Mahuida que divide zonas de diferentes características gravimétricas.

Mahuida y Puelches, -400 y -220 nT respectivamente (Fig. 9). Ello plantea la oportunidad de realizar investigaciones geoquímicas y petrográficas para determinar la eventualidad de mineralizaciones de sulfuros polimetálicos.

Con centro en el paraje llamado Valle Daza, y en cercanías de donde se hallaron anfibolitas (Stappenbeck 1913; Linares *et al.* 1980), existe una anomalía de este campo potencial de +300 nT y 20 km de

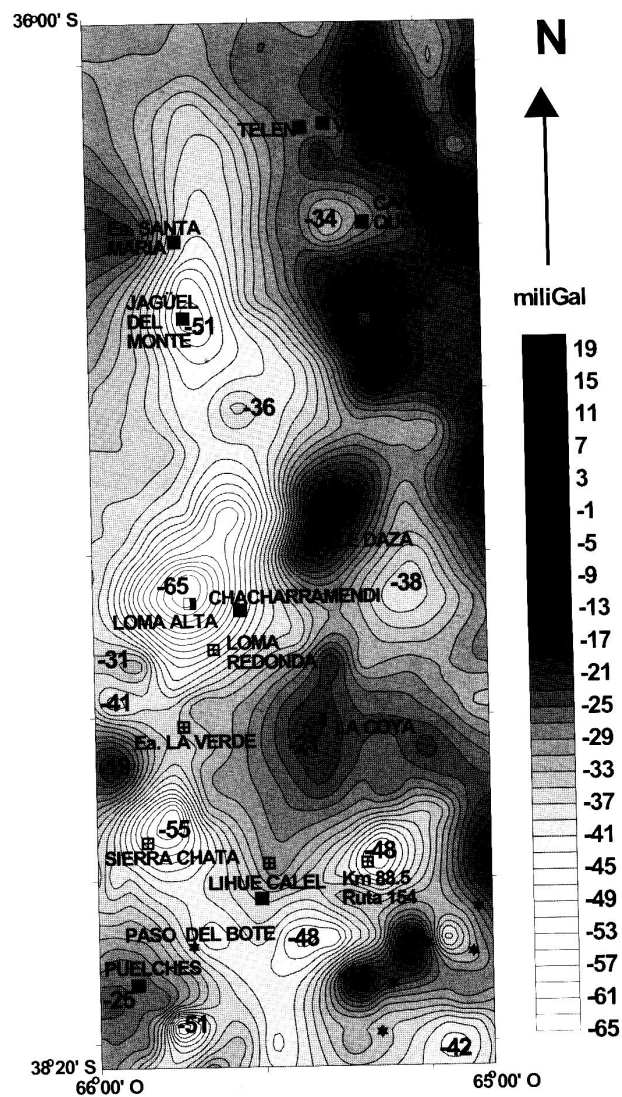


Figura 5: Las áreas de mínimos gravimétricos: Jagüel del Monte, Loma Alta y sierra Chata, se interpretan como plutones graníticos. En Loma Alta y sierra Chica existen afloramientos que confirman esta idea. Los altos gravimétricos de El Durazno, Valle Daza y Estancia La Coya se interpretan como cuerpos ultramáficos. En Valle Daza se han hallado granoblastitas piroxénicas citadas por Linares *et al.* (1980). Isolíneas cada 2 miliGals.

diámetro. En la zona de Estancia La Magdalena, a 50 km al este de Lihué Calel, se encontró una anomalía positiva de gran longitud de onda (30 km de diámetro) atribuible a los bloques de basamento de granitoides que afloran saltuariamente en esa región. Todos los valores al este de la longitud 64°30' hasta 63°30' se caracterizan por un «magnetismo quieto», típico de los basamentos cristalinos muy viejos, cámbricos - precámbricos.

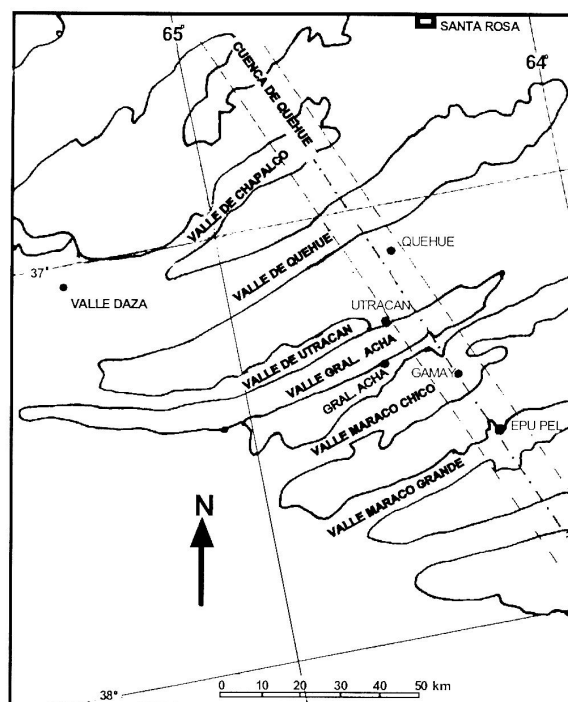


Figura 6: Valles transversales pampeanos y cuenca de Quehué con sus expresiones geomorfológicas.

Escintilometría

El *background* natural de la zona es de 80 cuentas por segundo, hallándose en los afloramientos riolíticos de Lihué Calel valores que superan las 300 cuentas por segundo, lo cual es correlacionable con los altos valores de U y Th (desde 4 hasta un máximo de 49,9 ppm de U y entre 26 y 45 ppm de Th) determinados por Sruoga y Llambías (1992).

En la zona de la cantera de Lonco Vaca se midieron los valores más bajos de la provincia, 20 cuentas por segundo.

Discusión de los resultados

El sector occidental, donde se hallan los mínimos de las anomalías de Bouguer, coincide con la posición dada al bloque de Chadileuvú (Figs. 1 y 2). Con el fin de encontrar una explicación coherente de este déficit de masa se realizaron previamente determinaciones de densidad en laboratorio; los resultados indican que las riolitas masivas en la zona de Lihué Calel tienen un valor de $2,60 \text{ gr/cm}^3$ y las ignimbríticas se encuentran comprendidas entre $2,43$ a $2,55 \text{ gr/cm}^3$, siendo estas últimas las que cubren la mayor parte del

área considerada. Las rocas del basamento no riolítico tienen, de acuerdo a las determinaciones, entre $2,60 \text{ gr/cm}^3$ (granitos) a $2,78 \text{ gr/cm}^3$ (microdiorita).

Uno de los modelos propuestos utiliza una sucesión de prismas con las densidades de contraste entre las rocas del basamento y un plateau riolítico ($-0,25 \text{ gr/cm}^3$). Este modelo, que denominaremos A, nos permite proponer que al sur de los $37^\circ 50'$ estos mínimos gravimétricos son debidos a un plateau riolítico – ignimbrítico cristalino de densidad promedio $2,45 \text{ gr/cm}^3$ que cubre un basamento cristalino de densidad $2,70 \text{ gr/cm}^3$. El resultado del cálculo indica que el espesor de las rocas riolíticas sería de 2.700 metros.

Sin embargo, el espesor promedio del plateau riolítico sería mucho menor, no superando los 200 a 400 metros. El espesor hallado en la sierra de Lihué Calel por Llambías (1973) ha sido interpretado por Sruoga y Llambías (1992) como debido al posible relleno de una caldera, por lo cual no puede generalizarse a todo el plateau riolítico. Alternativamente el elevado espesor de rocas ígneas silíceas podría completarse con la

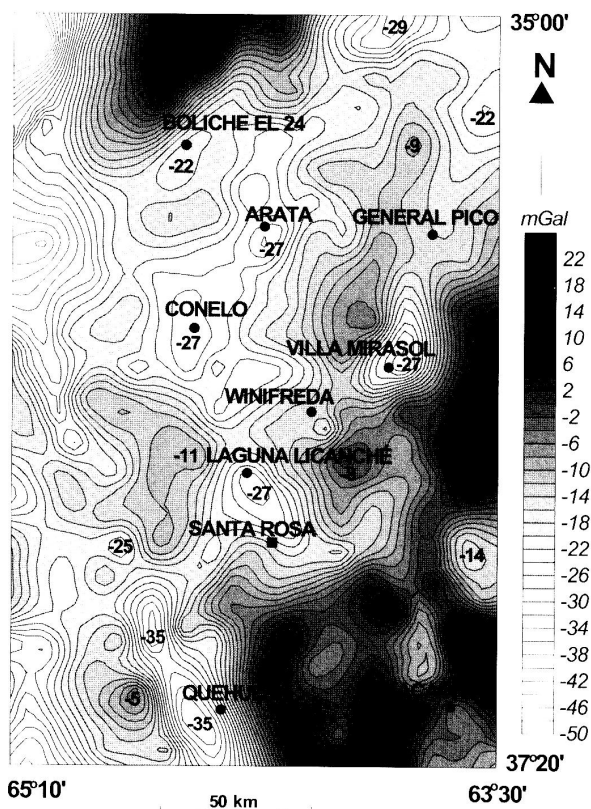


Figura 7: Posible continuación de la cuenca de Laboulaye y su vinculación con la cuenca de Quehué. Mínimos gravimétricos, entre Laboulaye y Quehué, asociados con depocentros: Boliche El 24, Arata, Conelo, Villa Marisol y lag. Licaniche.

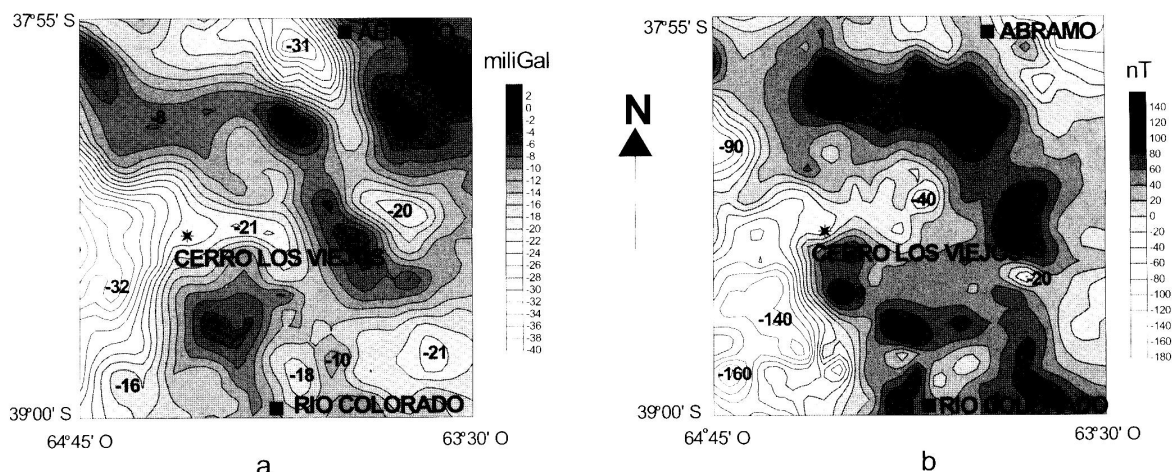


Figura 8: a, Zona de los afloramientos de cerro Los Viejos y los resultados gravimagnetométricos. Líneas cada 2 mGals. b, Zona de los afloramientos de cerro Los Viejos y los resultados magnetométricos. Líneas cada 20 nT.

presencia de numerosos cuerpos graníticos de dimensiones batolíticas debajo de la cobertura volcánica. Los afloramientos de rocas graníticas pérmicas a triásicas tempranas, contemporáneas con el *plateau* riolítico, están dispersos en toda la provincia de La Pampa, entre los cuales cabe mencionar como ejemplo al cerro La Payana, sierra Chata, y otros de menor importancia.

Un segundo modelo B, considera por debajo de las riolitas la existencia de sedimentitas paleozoicas, como lo propone Ploszkiewicz (1999).

Sin embargo, para aceptar una cuenca paleozoica de tal extensión se deben tener en cuenta los numerosos afloramientos de rocas metamórficas ordovícicas (Llambías *et al.* 1996; Tickyj 1999) que se encuentran saltuariamente en esta región y que constituirían el basamento cristalino. Los altos gravimétricos inmersos en el área de bajos gravimétricos podría indicar que la cuenca está asentada sobre diversos bloques. El espesor de las sedimentitas de la Formación Carapacha, de alrededor de 630 m (Melchor 1999) y la alta densidad de algunas de sus rocas ($2,62 \text{ gr/cm}^3$) no contribuiría mayormente a explicar el mínimo gravimétrico del sector occidental de la región estudiada. Por lo tanto, es lícito proponer la alternativa de otras rocas paleozoicas más antiguas que la Formación Carapacha.

Otra propuesta C, es sugerir un engrosamiento de corteza, pero esto es altamente especulativo debido a la falta de un cubrimiento adecuado de estaciones geofísicas que permitan modelar para corroborar esta idea.

Todas las alternativas tienen argumentos válidos. Sin embargo, la abundancia del volcanismo riolítico y de cuerpos plutónicos asociados con ellos inclinan la selección por la alternativa B, idea que es reforzada por la distribución de los afloramientos de riolitas y granitos del Pérmico-Triásico Inferior, coincidente con el borde

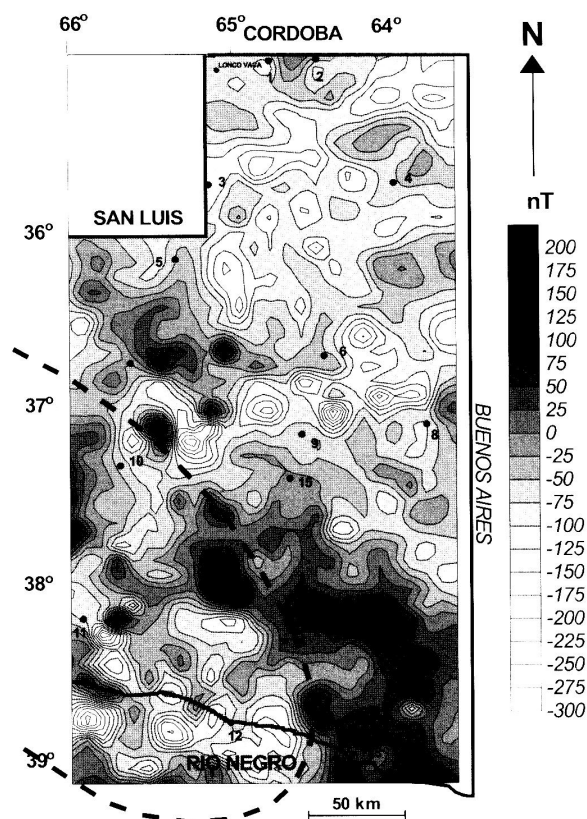


Figura 9: Mapa de magnetismo del área investigada. Isolíneas cada 25 nT. -----límite propuesto para el bloque de Chadileuvú.

oriental de la región de baja gravedad.

Dos de los tres valores mínimos de las anomalías gravimétricas de Bouguer son correlacionables con los

afloramientos de los leucogranitos de sierra Chata y Loma Alta (Fig. 5). Este déficit gravimétrico (valores menores de -50 miliGales) se relaciona con la baja densidad relativa de esas rocas ($2,58 \text{ gr/cm}^3$). El tercer mínimo, el de Jagüel del Monte, se caracteriza por ser el mínimo de máxima amplitud (-61 miliGal) y de gran desarrollo superficial (1.800 km^2) alineado con los dos anteriores. Por lo tanto, se puede proponer la existencia de un tercer intrusivo granítico en esa zona donde no existen afloramientos.

Los altos gravimétricos relativos del sector occidental El Durazno (-10 miliGales), Valle Daza (-14 miliGales) y Estancia Coya (-21 miliGales) se hallan alineados en dirección N-S al igual que los plutones descriptos anteriormente. En la zona de Valle Daza, Stappenbeck (1913) describe la existencia de anfibolitas y Linares *et al.* (1980) el afloramiento de granoblastita piroxénica. Como estas rocas en determinaciones de laboratorio dieron densidades mayores de $2,80 \text{ gr/cm}^3$ (entre $2,94$ a $3,15 \text{ gr/cm}^3$) y, considerando su cercanía a la superficie, es posible justificar plenamente los máximos gravimétricos. Los modelos geofísicos elaborados con prismas ($2,97 \text{ gr/cm}^3$), nos llevan a proponer la existencia de un complejo de rocas máficas-ultramáficas similares a las observadas en la provincia de San Luis; descriptas por Villar (1975) y evaluadas por Kostadinoff *et al.* (1998).

En el sector oriental se remarca la tendencia de una zona de altos gravimétricos sugiriendo una constitución geológica diferente de la anterior. Esto puede ser explicado debido a que el basamento ígneo-metamórfico (gneises, esquistos micáceos y anfibolitas) es de mayor densidad que el *plateau* riolítico y los plutones graníticos del sector occidental. Los afloramientos de estas rocas son escasos con la excepción de las sierras de Lonco Vaca, los afloramientos aislados de esquistos al norte de Cuchillo-Co y los numerosos datos de perforaciones realizados por la Dirección de Minas y la Administración Provincial del Agua de la provincia de La Pampa.

Una de las singularidades más destacables es la estructura definida por los mínimos gravimétricos de Quehué (Fig. 2). Allí los altos gradientes laterales indican la presencia de fallas de alto ángulo y de gran desarrollo. De acuerdo con el cálculo realizado con modelos geofísicos utilizando el método de Talwani *et al.* (1959) nos encontraríamos con una tafrecuencia con una pila sedimentaria de 4.900 metros. La cuenca de Quehué tiene un rumbo de 330° y considerando su ancho (15 km) y la longitud de los altos gradientes laterales, de más de 250 km de longitud, permiten asimilarla a una cuenca del tipo *rift*. Con respecto a la edad de esta cuenca hay muy pocos indicios para establecerlas. Las alternativas son que la misma sea de edad triásica o cretácica. A favor de una edad triásica es su alineamiento NO-SE, además de encontrarse al sur de las cuencas Cuyana y de Beazley. Pero esta relación no es sencilla debi-

do a que la cuenca de Quehué se ubica más hacia el este y, en consecuencia, podría estar separada por el Arco Pampeano. Por otro lado, el relleno de la cuenca podría haber comenzado en el Triásico y continuado durante el Cretácico, como sucede en la cuenca de Beazley (Yrigoyen *et al.* 1989). La posibilidad de que sea una cuenca cretácica es debida a su vecindad con la cuenca de Macachín (Salso 1966), ya que esta última tiene origen y relleno de esa edad (Yrigoyen 1975) y que en el norte de La Pampa tendría el comportamiento de un *rift* (de Elorriaga y Camilletti 1999) con profundidades de 2.500 m (de Elorriaga y Tullio 1998). Además, sedimentos cretácicos han sido recientemente descriptos por Casadío *et al.* (2000). La cuenca de Quehué podría estar conectada al SE de Abramo con la cuenca de Macachín. Asimismo, en el extremo norte de la cuenca de Quehué anomalías gravimétricas negativas (Fig. 10) aparentemente se conectan con lo que podría ser el extremo sur de las cuencas de Laboulaye (Zambrano 1974) o de General Levalle inclusive con la parte norte de Macachín. La estructura tipo *rift* intracratónico de la cuenca de General Levalle y su espesor, de más de 5.179 m , (Chebli *et al.* 1999), comparable con el que resulta de la modelización de

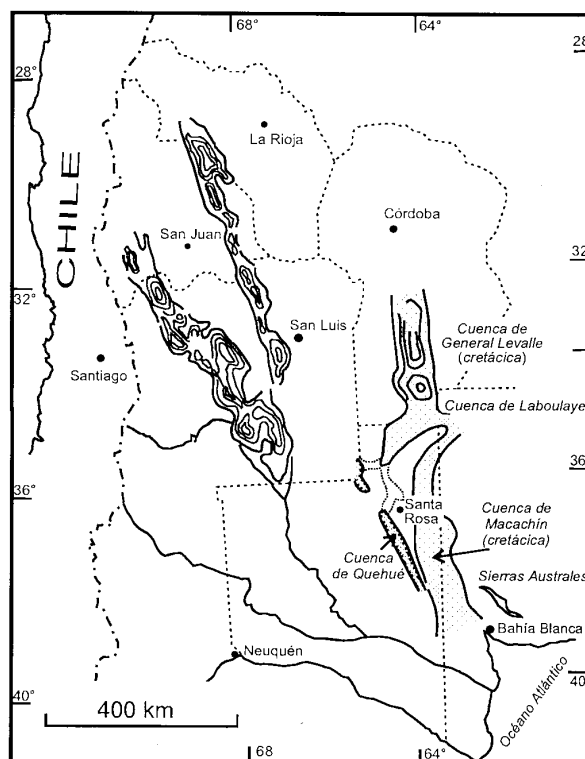


Figura 10: Ubicación de las cuencas triásicas y cretácicas al norte de la provincia de La Pampa (según Yrigoyen 1975; Ramos 1992 y Chebli *et al.* 1999) y las cuencas situadas en el sector oriental de esta provincia.

Quehué, favorecen la hipótesis de posible correlación entre ambas cuencas. Sin embargo, para determinar con mayor precisión la edad de la cuenca de Quehué y de sus posibles relaciones se requieren estudios de mayor detalle.

Una representación que ilustra la riqueza de estructuras geológicas en función de las anomalías geofísicas es el Perfil 1 (Fig. 11). Éste intersecta a todas ellas entre Loma Alta – Valle Daza – Quehué – Macachín (Fig. 4).

Los valles transversales pampeanos, de rumbo ENE, no tienen expresiones de anomalías del campo potencial (gravimétricas y magnetométricas, Figs. 2 y 9) que permitan esclarecer el origen de ellos.

En el área central de la cuenca de Macachín se observa el desarrollo de algunos máximos gravimétricos debido a la inversión de estructura por compresión generada por la tectónica andina de acuerdo con el modelo presentado por de Elorriaga y Camilletti (1999).

El alto de Rancul es el máximo gravimétrico de mayor amplitud en la provincia de La Pampa (más de +40 miligales respecto de los valores circundantes) y sólo puede ser explicado por un exceso de masa de las rocas del basamento. Esta anomalía cubre un área de 60 x 50 km, desarrollándose entre Lonco Vaca y Realicó (Fig. 2). Coincide con un área de baja susceptibilidad magnética, similar a la de las anfibolitas de Lonco Vaca, entre 0,000150 y 0,004500 (SI). Otro parámetro físico que permite sospechar la presencia de grandes espesores de rocas máficas – ultramáficas es la baja radioactividad gamma de este área, menor a 25 cuentas/segundo.

Los modelos geofísicos indican que debería existir en su parte central un espesor de 3.500 metros de rocas de densidad 3,1 g/cm³. Hacia los bordes, al disminuir los valores gravimétricos también disminuirían los espesores (Fig. 11).

El único afloramiento en esta región es el de las lomas de Lonco Vaca, cuyas rocas son similares a las del basamento cristalino de San Luis (Linares *et al.* 1980; Párica 1986). Está constituido por granitos, pegmatitas, esquistos micáceos y lentes de anfibolitas, estas últimas con densidades que varían entre 2,86 a 3,15 g/cm³. Sin embargo, la densidad global disminuiría si se consideran las intercalaciones con los esquistos y los granitos. La presencia de anfibolitas favorecería la hipótesis de la existencia de rocas máficas – ultramáficas metamorfizadas que justifiquen el máximo gravimétrico de Bouguer.

Estudios realizados por Miranda (1998) muestran que esta anomalía se extiende 130 km hacia el norte, en la provincia de Córdoba, hasta llegar a la ciudad de Vicuña Mackenna. Unas decenas de kilómetros más hacia el este, se desarrolla otra anomalía gravimétrica, de igual extensión areal, que se relaciona con la cuenca de Levalle. En esa zona se han hallado 800 m de basalto en perforaciones de la cuenca cretácica de

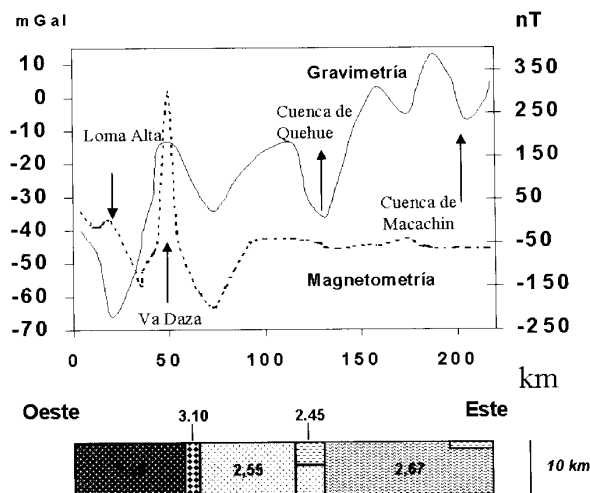


Figura 11: Perfil 1, anomalías geofísicas halladas entre Loma Alta y Macachín. Densidad 2,50 gr/cm³: leucogranitos aflorantes en Loma Alta. Densidad 3,10 gr/cm³: rocas máficas – ultramáficas aflorantes en Valle Daza. Densidad 2,55 gr/cm³: rocas riolíticas y granitoides. Densidad 2,45 gr/cm³: sedimentitas mesozoicas que rellenan las cuencas de Quehué y Macachín. Densidad 2,67 gr/cm³: gneises, filitas y metamorfitas del ciclo Famatiniano.

General Levalle (Chebli *et al.* 1999; Chebli, com. pers. 2000) que indica la presencia de una intensa actividad magmática basáltica. En este sentido, el positivo gravimétrico de Rancul podría correlacionarse con uno de los centros efusivos de este volcanismo.

La baja susceptibilidad magnética podría explicarse porque las rocas máficas (basaltos o anfibolitas) tienen concentraciones menores del 1% de minerales ferromagnéticos.

La falla inversa de Lonco Vaca mencionada por Stappenbeck (1913), Criado Roqué *et al.* (1981) y Párica (1986) se ve representada por el alto gradiente gravimétrico existente en esa cantera (Fig. 2). Un gradiente aún mayor se desarrolla al SE del alto de Rancul y al E de Realicó, el cual es atribuido a fallas de gran rechazo. La de Realicó sería la que daría el margen O de la cuenca de Laboulaye (Perfil 2, Fig. 12). No se analiza el «hundimiento tectónico» de Telen (Stappenbeck 1913) y Gaii (1975) pues no tiene una expresión clara en función de los datos geofísicos.

Agradecimientos

A M. Casares por su invaluable dedicación en las campañas, reducción de la información geofísica y la elaboración de mapas. A P. Malán, del APA, por toda la información brindada sobre datos geológicos, geofísicos y de perforaciones en la zona estudiada. A P.

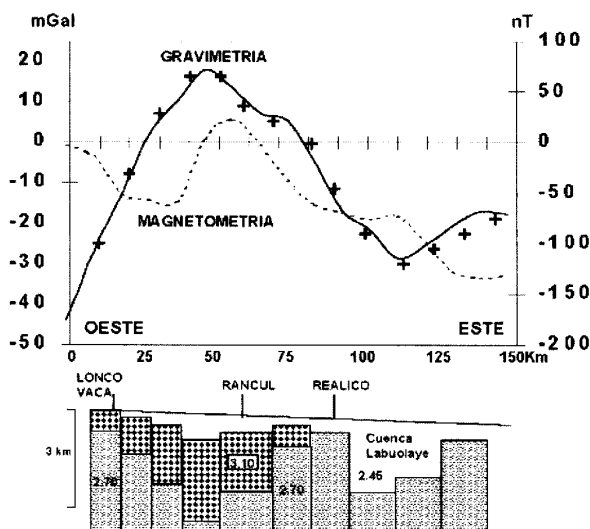


Figura 12: Perfil 2, anomalías geofísicas halladas entre la cantera de Lonco Vaca y la estación de Sarah (límite entre las provincias de Buenos Aires y La Pampa). Densidad 2,70 gr/cm³: gneises, filitas y metamorfitas del ciclo Famatiniano. Densidad 3,10 gr/cm³: rocas máficas - ultramáficas aflorantes en la cantera de Lonco Vaca. Densidad 2,45 gr/cm³: sedimentitas mesozoicas que rellenan la cuenca de Laboulaye. + + + + Valores de anomalías gravimétricas calculados con modelos prismáticos.

Lesta y A. Sato por los comentarios y correcciones realizadas al manuscrito. A H. Tickyj y R. Melchor, por haber contribuido con información y haber ayudado en las campañas geofísicas. Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a G. Chebli por poner generosamente a nuestra disposición la información de la cuenca de General Levalle. Agradecemos a los árbitros las valiosas sugerencias aportadas durante la revisión del manuscrito. Esta investigación se realizó con subsidios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP N° 4329/96) y de la Agencia de Promoción Científica (PICT 0743).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Casadio, S., Manera, T., Parras, A., Montalvo, C. y Cornachione, G., 2000. Primer registro en superficie de sedimentitas continentales del Cretácico Superior en la cuenca del Colorado, sureste de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55(1-2): 129-133. Buenos Aires.
- Chebli, G.A., Mozetic, M.E., Rosello, E.A. y Bülher, M., 1999. Cuenas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En: Caminos, R. (Ed.): *Geología Regional Argentina*, p. 627-644. Subsecretaría de Minería de La Nación. Servicio Geológico Minero, Instituto de Geología y Recursos Naturales, Anales 29. Buenos Aires.
- Criado Roqué, P., 1972. Bloque de San Rafael. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*, p. 283-303. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Criado Roqué, P. e Ibañez, G., 1979. Provincia Geológica Sanrafaelino-Pampeana. En: Turner, J.C.M. (Ed.): *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, pp. 837-869. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Criado Roqué, P., Mombrú, C. y Ramos, V.A., 1981. Estructura e interpretación tectónica. *Geología y recursos naturales de la provincia de San Luis. Relatorio del 8° Congreso Geológico Argentino*: 155-192. San Luis.
- de Elorriaga, E.E. y Camilletti, C.M., 1999. La cuenca de Macachín entre Anguil y Catrillo, La Pampa. *Actas 14° Congreso Geológico Argentino*, 1: 227-230. Salta.
- de Elorriaga, E.E. y Tullio, J.O., 1998. Estructuras del subsuelo y su influencia en la morfología en el norte de la provincia de La Pampa. *Actas 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica*, 3: 499-506. Buenos Aires.
- Font, G. y Mateo, A.J., 1990. Prospección gravimétrica en la zona del plan EASSE, provincia de La Pampa. *Consejo Federal de Inversiones - Universidad Nacional de La Plata. Convenio de Cooperación Horizontal. Anexo 1: 12 p.*, La Plata.
- Fraga, H. y Nocioni, A., 1987. Estudio de la subsidencia en las cuencas de Santa Lucía (Uruguay), Macachín y Laboulaye (Argentina) mediante diagramas tiempo-profundidad. *Actas 10° Congreso Geológico Argentino*, 2: 301-304. Tucumán.
- Giai, S., 1975. Informe preliminar del plan de investigación de Aguas subterráneas. *Consejo Provincial del Agua, Santa Rosa, La Pampa* (Inédito).
- Keidel, J., 1922. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en Argentina y su significación para la estratigrafía de la Serie de Gondwana y la paleogeografía del hemisferio Austral. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 25: 239-368. Córdoba.
- Keidel, H., 1939. Ueber die «Gondwaniden» Argentinien. *Geologisches Rundschau*, 30, Heft 1/2: 148-249.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimieri, L., Raniolo, A.L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C. y Felfernig, A., 1998. Anomalías geofísicas en rocas máficas - ultramáficas de la Sierra Grande de San Luis. *Actas 4° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 4° Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de rocas máficas - ultramáficas*: 139-146. Bahía Blanca.
- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C.O. 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 87-146. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., 1973. Las ignimbritas de la sierra de Lihuel Calel, provincia de La Pampa. *Actas 5° Congreso Geológico Argentino*, 4: 55-67. Córdoba.
- Llambías, E.J., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. *Dirección de Minas de la provincia de La Pampa, Santa Rosa* (Inédito).
- Llambías, E.J. y Leveratto, M.A., 1975. El plateau riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina. *Actas 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, 1: 99-114. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Melchor, R.N., Tickyj, H. y Sato, A.M., 1996. Geología del Bloque del Chadileuvú. *Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 5: 417-425. Buenos Aires.
- Melchor, R.N., 1999. Redefinición estratigráfica de la Formación Carapacha (Pérmico), Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 54(2): 99-108. Buenos Aires.
- Melchor, R.N., Sato, A.M., Llambías, E.J. y Tickyj, H., 1999. Documentación de la extensión meridional del terreno Cuyania/Precordillera en la provincia de La Pampa. *Actas 14° Congreso Geológico Argentino*, 1: 156-159. Salta.
- Miranda, S., 1998. Análisis e interpretación de la estructura profunda de la sierra de Córdoba (Argentina) a partir de datos de gravedad. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería.

- niería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. 130 p. (Inédito).
- Párica, P.D., 1986. Petrografía y geocronología del sector central de la sierra de Lonco Vaca, La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41 (3-4): 270-289. Buenos Aires.
- Ploszkiewicz, J.V., 1999. Buenos Aires, una nueva provincia petrolera? *Actas 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, 2: 651-657. Mar del Plata.
- Quenardelle, S.M. y Llambías, E.J., 1997. Las riolitas de Sierra Chica (37°48'S, 65°26'O): un centro eruptivo gondwánico en el bloque del Chadileuvú, provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52(4): 549-558. Buenos Aires.
- Ramos, V.A., 1984. Patagonia, Un continente paleozoico a la deriva? *Actas 9º Congreso Geológico Argentino*, 2: 311-325. Bariloche.
- Ramos, V.A., 1992. Control geotectónico de las cuencas triásicas de Cuyo. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 8: 2-9. Buenos Aires.
- Salso, J.H., 1966. La cuenca del Macachín, provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21 (2): 107-117. Buenos Aires.
- Sato, A.M., Tickyj, H. y Llambías, E.J., 1998. Rb-Sr Grenvillian age from the Las Matras Diorite, La Pampa province, Argentina (Abstract). *Actas 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica*, 2: 418. Buenos Aires.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. and Sato, K., 1999. Rb-Sr, Sm-Nd and K-Ar age constraints of the Grenvillian Las Matras pluton, Central Argentina. *Actas 2º South American Symposium on Isotope Geology*: 122-126. Villa Carlos Paz.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. and Sato, K., 2000. The Las Matras tonalitic - trondhjemitic pluton, Central Argentina: Grenvillian age constraints, geochemical characteristics, and regional implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 13 (7): 587-610. Oxford.
- Sruoga, P. and Llambías, E.J., 1992. Permo-Triassic leucorhyolitic ignimbrites at Sierra de Lihué Calel, La Pampa province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 5: 141-152. Oxford.
- Stappenbeck, R., 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y de sus alrededores (Gobernación de La Pampa). Dirección Nacional de Minas, Geología e Hidrología, Boletín 4, Serie B (Geología): 1-55. Buenos Aires.
- Talwani, M., Lamar Worzel, J. and Landesman, N., 1959. Rapid gravity computation of two dimensional bodies with applications to the Mendocino submarine structure zone. *Journal of Geophysical Research*, 64 (1): 49- 58. Tulsa.
- Tickyj, H., 1999. Estructura y petrología del basamento cristalino de la región centro sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. 227 p. (Inédito).
- Tickyj, H., Dimieri, L.V., Llambías, E.J. y Sato, A.M., 1997. Cerro Los Viejos (38°E 28'S - 64°E 26'O): cizallamiento dúctil en el sudeste de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52(3): 311-321. Buenos Aires.
- Tickyj, H., Basei, M.A.S., Sato, A.M. and Llambías, E.J., 1999. U-Pb and K-Ar ages of Pichi Mahuida Group, crystalline basement of south-eastern La Pampa province, Argentina. *Actas 2º South American Symposium on Isotope Geology*: 139-144. Villa Carlos Paz.
- Villar, L.M., 1975. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas de la República Argentina y su significado metalogénico. *Actas 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, 3: 135-156. Buenos Aires.
- Windhausen, A., 1931. *Geología Argentina. Segunda Parte*. Peuser, 646p., Buenos Aires.
- Yrigoyen, M.R., 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. *Relatorio 6º Congreso Geológico Argentino*: 139-168. Buenos Aires.
- Yrigoyen, M.R., Ortiz, A. y Manoni, R., 1989. Cuencas Sedimentarias de San Luis. En: *Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie de Correlación Geológica* 6, p. 203-219. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.
- Zambrano, J.J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 29(4): 443-469. Buenos Aires.

Recibido: 13 de junio, 2000

Aceptado: 10 de octubre, 2001

