

CUENCAS SEDIMENTARIAS EN EL SUBSUELO DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

^{1,3} José Kostadinoff y ^{2,3} Eduardo Llambías

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

² Universidad Nacional de La Plata, CIG, calle 1 N° 643, 1900 La Plata

³ CONICET

Keywords: *Exploration, Geophysics, Basins, La Pampa province.*

Abstract. *Sedimentary Basins in the subsurface of La Pampa Province.* Areal gravimetric surveys covering 124 000 km² the La Pampa province were carried out. The Bouguer gravimetric anomalies map shows very different anomalous patterns. By means of filtering and geophysical modeling was possible to delimitate the border of the well known Neuquen and Macachin basins and calculated the sedimentary thickness of the new basins (Quehué, Algarrobo del Aguila and Carapacha). A new interpretation of the southern extension of Laboulaye basin in the La Pampa province is proposed.

Introducción

El relieve de la provincia de La Pampa consiste en una inmensa llanura interrumpida por pequeñas lomadas en las que afloran rocas con diversas edades comprendidas entre Mesoproterozoico y Reciente. A fin de obtener mayor información geológica del subsuelo se ha efectuado un relevamiento gravimétrico de toda la provincia. Como consecuencia del mismo se han podido establecer en el territorio de La Pampa límites más precisos de las cuencas sedimentarias conocidas (Neuquina, Macachin y Cuyana) y se han detectado dos nuevas (Kostadinoff et al., 2001), Figura 1.

Las cuencas analizadas en el presente trabajo tienen edades pérmicas (Carapacha) y meso-cenozoicas, de modo que las primeras se desarrollaron con posterioridad al amalgamiento de los terrenos Cuyania y Pampia en el Ordovícico (Sato et al., 2000) y las cuencas mesozoicas son posteriores al ciclo Choiyoi (Pérmico-Triásico Inferior). A partir del Triásico la tectónica en la provincia de La Pampa disminuyó en intensidad y se caracterizó por la predominancia de una fracturación frágil de tipo extensiva. La magnitud de los movimientos ascendentes de la corteza fueron limitados, por lo cual casi no hubo erosión y se pudieron preservar gran parte de las sedimentitas de la cuenca de Carapacha (Melchor, 1999). Además esta condición ha permitido la preservación de las unidades extrusivas del Grupo Choiyoi.

Marco Geológico

El conocimiento del subsuelo de la provincia de La Pampa se encuentra restringido a las exploraciones geofísicas concentradas en aquellas áreas con posibilidades petrolíferas y a perforaciones orientadas a la búsqueda de agua. El área con mayor estudio corresponde al engolfamiento de la cuenca Neuquina, donde se han alumbrado algunos yacimientos como el de Medanito y 25 de Mayo. Los estudios realizados sobre la cuenca de Macachín tienen menor intensidad debido a la escasez de indicios sobre la presencia de petróleo.

En la primera mitad del siglo XX se realizaron varias perforaciones por la entonces Dirección Nacional de Geología y Minería, algunas de ellas alcanzaron hasta 955 m de profundidad (perforación Abramo 2, en Salso 1966); que permitieron obtener importantes datos del subsuelo y revelaron la presencia de la cuenca de Macachín y otras estructuras de bloques. Otra repartición que exploró el subsuelo de la provincia de La Pampa fue la Administración Provincial del Agua (APA), en la actualidad Dirección de Aguas (DA). Esta repartición llevó a cabo numerosas perforaciones de escasa profundidad con el objeto de hallar acuíferos potables. Las mismas revelaron la presencia de un basamento ígneo metamórfico a una profundidad de 100-250 m en la franja comprendida entre los meridianos 64° y 66°W. Este basamento ha sido correlacionado con el de Sierras Pampeanas de San Luis (Linares *et al.* 1980) y corresponde al arco Pampeano.

La cuenca de Macachín de acuerdo con Salso (1966), Yrigoyen (1975) y Fraga y Nocioni (1987) tiene espesores sedimentarios de más de 2400 metros. Fraga y Nocioni (1987) realizaron 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 Eloriaga y Camilleti (1999) entre Anguil y Catrilo en el sector central de la cuenca donde determinó la estructura y un máximo 2500 m de sedimentos de edad cenozoica y paleozoica.

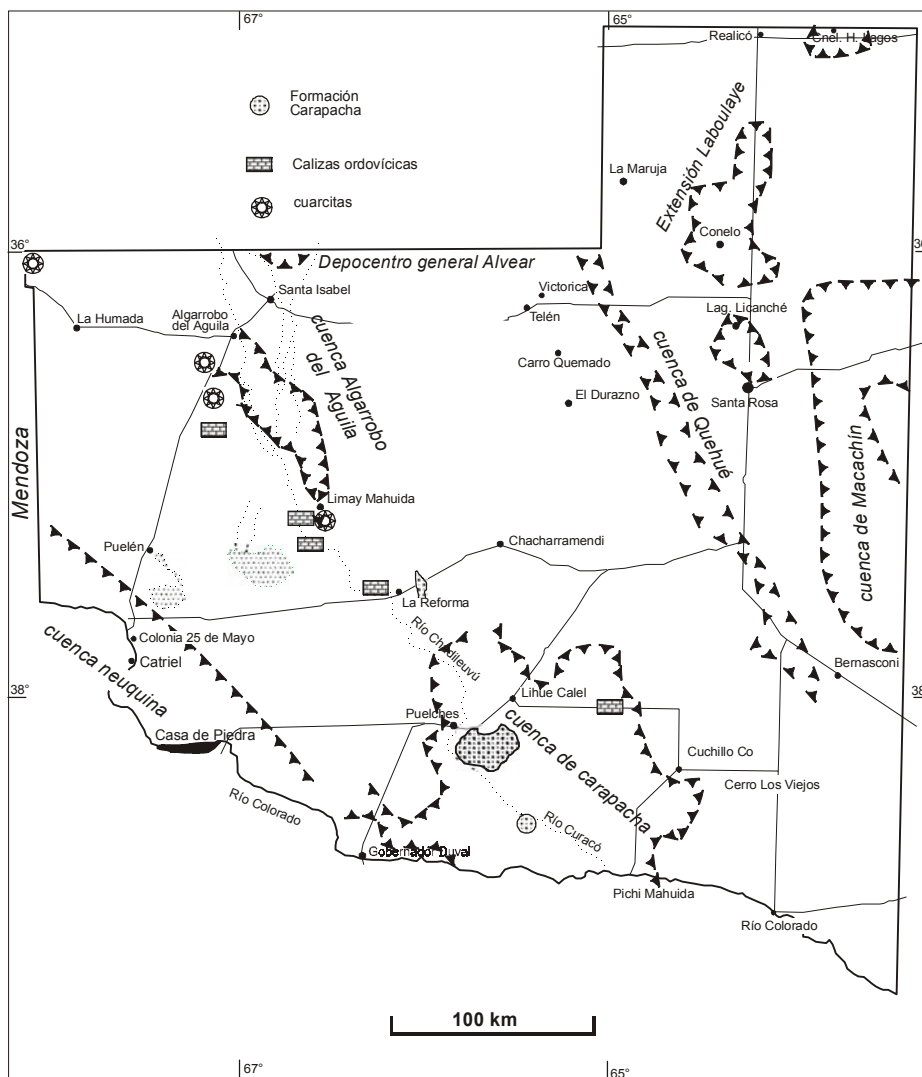


Figura 1.- Ubicación de cuencas en la Provincia de La Pampa.

Metodología

Las mediciones geofísicas se realizaron en las especialidades de gravimetría. 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 km. Los valores de anomalías de los campos gravitatorios sirvieron para confeccionar perfiles y mapas que permitieran modelar a la estructura.

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 midieron 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 elaboró 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 se obtuvieron a partir de programas comerciales ya existentes como Surfer™.

Resultados

Engolfamiento neuquino: se halla ubicado en el extremo Suroeste de la provincia de La Pampa, en la zona vecina a los Yacimientos Medanita y 25 de Mayo. Los resultados de las exploraciones geofísicas realizados por las empresas petroleras han permitido delimitar el borde nororiental del engolfamiento neuquino, el cual se extiende a lo largo de una faja de 50 km de ancho en el suroeste de la provincia de La Pampa (Orchuela y Ploszkiewicz, 1984; Legarreta y Gulisano, 1989; Kozłowski *et al.* 1998; Legarreta y Uliana, 1999). Las anomalías gravimétricas de Bouguer obtenidas durante esta investigación indican, en la línea Catriel – dique Casa de Piedra, un mínimo de -48 miliGales con una dimensión de 60 km de largo por 15 km de ancho, (Figura 2). Esta anomalía se continua 35 km hacia el sureste desde el dique Casa de Piedra (en dirección paralela a la margen izquierda del Río Colorado) disminuyendo suavemente su amplitud a -33 miliGales, (Figura 2). La sísmica y perforaciones realizadas en la zona de La Rinconada en cercanías de Casa de Piedra permite suponer que este mínimo correspondería a espesores sedimentarios menores que se extienden hasta Puesto Los Alamos. Observando los mapas de reconstrucciones paleogeográficas de Legarreta y Uliana (1999) podemos proponer que este área comenzó a colmatarse en el Triásico Tardío a Jurásico Temprano.

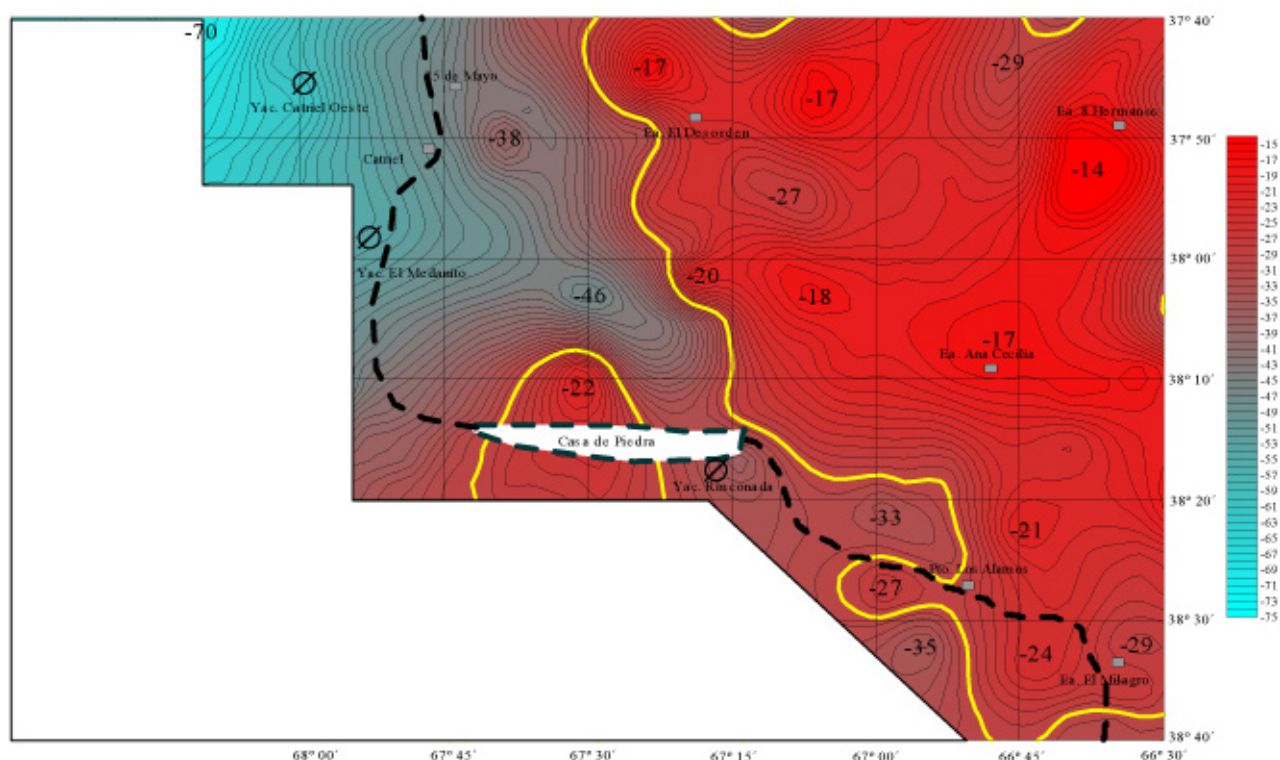


Figura 2.- Limite del engolfamiento neuquino de acuerdo a las anomalías gravimétricas de Bouguer. Isocintas cada 1

Cuenca de Macachin: según Salso (1966) esta sería una cuenca intracratónica de reducidas dimensiones. Yrigoyen (1975) elabora un modelo de rift por falla transcurrente para explicar el origen de la cuenca y propone la edad cretácica para estos movimientos. La interpretación sísmica realizada por de Elorriaga y Camilletti (1999), en el segmento norte de la cuenca, sugieren un *hemigraben* generado por esfuerzos tensionales este-oeste y posterior compresión (*post rift*) que produjeron pliegues de arrastre a lo largo de la fracturación preexistente que afectó hasta la base del Mioceno. Se observan cuatros mínimos gravitatorios que pueden ser interpretados como depocentros (Figura 3). Los denominaremos Guatraché (-10 miliGales),

Riglós (0 miliGales), Uruburu (-2 miliGales) y Lonquimay Sur (-2 miliGales), Fig.3. Por lo tanto, proponiendo un contraste de densidad constante entre las rocas de caja (basamento geofísico) y los sedimentos en el mínimo gravimétrico de Guatraché este depocentro sería más profundo que el de Uruburu. Utilizando el método de Talwani *et al.* (1959) y considerando que de Elorriaga y Tullio (1998) determinan 2500 metros de sedimentos para el mínimo de Uruburu se halló mediante modelos geofísicos que el contraste de densidad es de $-0,25 \text{ gr/cm}^3$. Extrapolando estos valores para el defecto de masa de Guatraché se halló que el mismo estaría justificado por un espesor sedimentario de 3750 metros.

Cuenca de Quehué (Kostadinoff *et al.* 2001): Una de las singularidades más destacables en la provincia de La Pampa es la estructura definida por los mínimos gravimétricos de Quehué. Allí los altos gradientes laterales indican la presencia de fallas de alto ángulo y de gran desarrollo longitudinal. De acuerdo con el cálculo realizado con modelos geofísicos utilizando el método de Talwani *et al.* (1959) esta singularidad correspondería a una cuenca intracratónica con una pila sedimentaria de 4900 metros. La cuenca de Quehué tiene un rumbo de 330° , un ancho de 15 km y una longitud de más de 250 km. Estas características permiten asimilarla a una cuenca del tipo *rift*. La edad del relleno de esta cuenca no es posible estimarlo, ya que no se encuentran en la superficie rocas que permitan resolver este aspecto. Tampoco hay perforaciones que hayan recobrado testigos para su estudio. Las alternativas son que la misma sea de edad triásica ó cretácica. Su alineamiento NO-SE y el hecho de encontrarse al sur de las cuencas Cuyana y Beazley favorece la idea de una edad triásica.

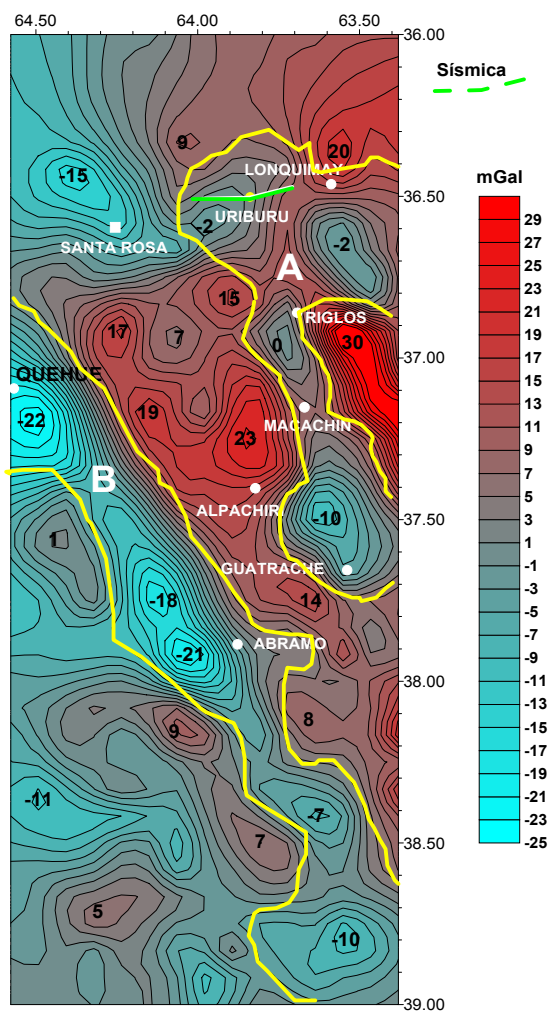


Figura 3.- Anomalías gravimétricas de Bouguer, Cuencas de Macachín (A) y Quehué (B). Isolinéas cada 2 mGal

Esta correlación no es sencilla debido a que la cuenca de Quehué se encuentra desplazada hacia el este y está 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 que la mayor parte de los sedimentos sean cretácicos se basa en su vecindad con la cuenca de Macachín (Salso, 1966), ya que esta última tiene origen y relleno de esa edad (Yrigoyen, 1975). La misma en el norte de La Pampa tendría el comportamiento de un rift (de Elorriaga y Camilletti, 1999) con profundidades de 2500 m (de Elorriaga y Tullio, 1998). Además, las sedimentitas descritas por Casadio *et al.* (2000) en el sudeste de La Pampa apoyan la hipótesis de un relleno de edad cretácica. La terminación sur de la cuenca de Quehué no es clara y podría estar conectada al SE de Abramo con la cuenca de Macachín. Asimismo, en el extremo norte de la cuenca de Quehué las anomalías gravimétricas negativas aparentemente se conectan con lo que podría ser el extremo sur de las cuencas de Laboulaye (Zambrano, 1974) o de General Levalle. La estructura tipo *rift* intracratónico de la cuenca de General Levalle y su espesor, de más de 5179 m, (Chebli *et al.* 1999), comparable con el que resulta de la modelización de 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.

Cuenca de Carapacha: se considera el modelo propuesto por Kostadinoff *et al.* (2001) que postula la posibilidad que en varios lugares de la provincia de La Pampa existan sedimentitas paleozoicas y éstas se hallen por debajo de las las efusiones riolíticas. 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 aisladamente en la provincia y que constituirían el basamento cristalino de dichas sedimentitas. Los altos gravimétricos podria indicar que la cuenca está asentada sobre diversos bloques del basamento.

La cuenca de Carapacha está constituida por sedimentitas silicoclásticas, depositadas en un ambiente lacustre fluvial que evoluciona a fluvial y su espesor máximo alcanza los 900 m (Melchor 1999). Los afloramientos más conspicuos son los que se encuentran en los alrededores de la localidad de Puelches y a 5 km al este de La Reforma. Estas sedimentitas son cubiertas e intruidas parcialmente por granitos, diques e ignimbritas riolíticas correspondientes al plateau riolítico permo-triásico Toda esta región se caracteriza por anomalías gravimétricas negativas (de -35 a -60 miliGales), (Figura 4), con amplio desarrollo en el sector centro sur de la provincia.

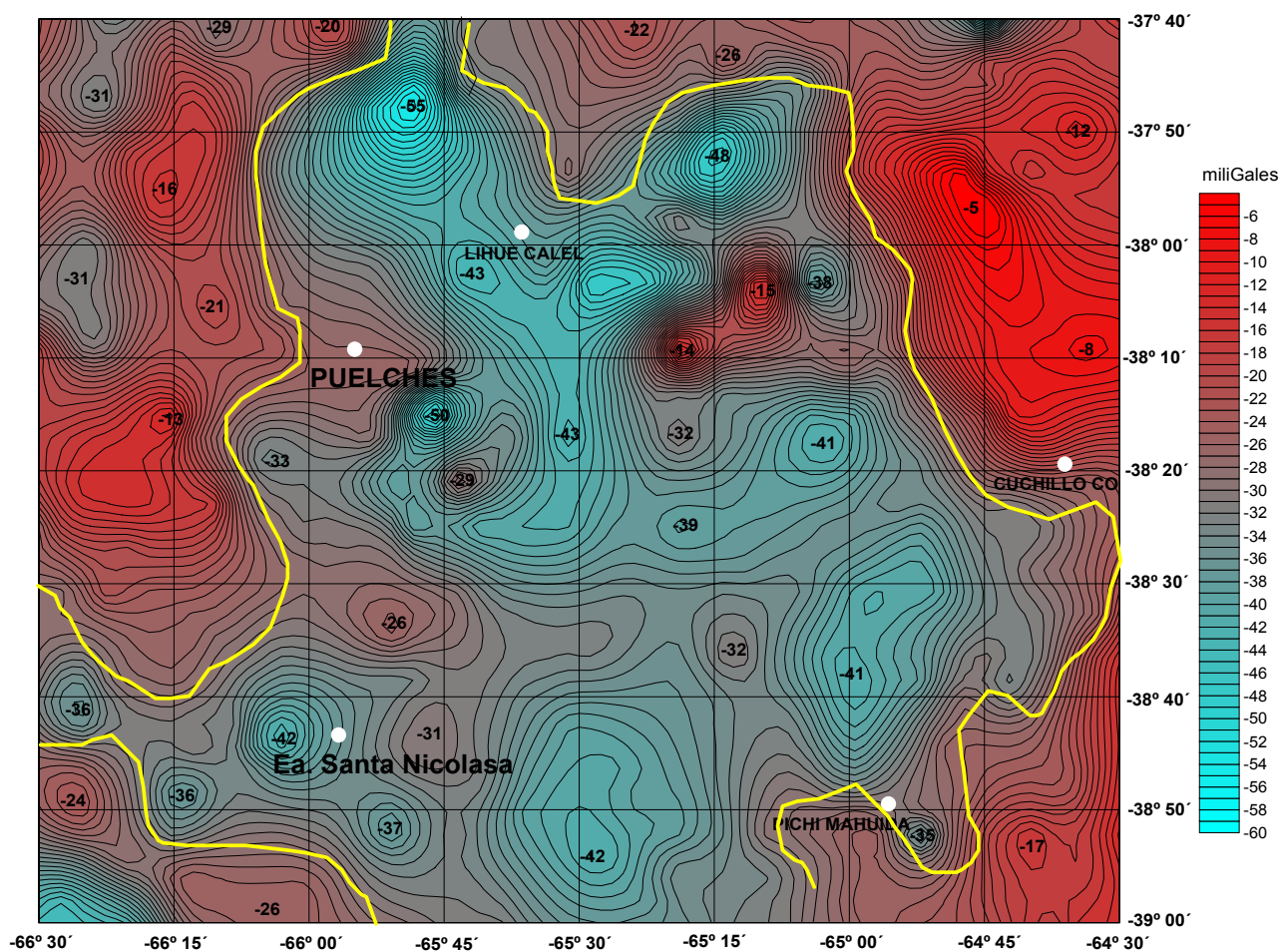


FIGURA 4.- Area con probable existencia de sedimentitas paleozoicas de acuerdo a los mínimos gravimétricos de Bouguer. Isolíneas cada 1 mGal

En un área de aproximadamente 15.000 km², véase Figura 4, los máximos y mínimos gravimétricos pueden ser interpretados como la interacción entre las efusiones riolíticas, los intrusivos graníticos y probablemente las capas sedimentarias de la Formación Carapacha con espesores variables debido a una posible estructura de bloques.

Debido a la limitación de los métodos gravimétricos y al considerar que las rocas mencionadas anteriormente tienen densidades similares, se hace imposible calcular un modelo con espesores de sedimentos en el área del bloque de Chadileuvú. Por lo tanto sólo se puede mencionar la posibilidad de que algunos de estos mínimos gravimétricos (defecto de masa) sean debidos a las sedimentitas paleozoicas.

Cuenca de Algarrobo del Aguila: en la línea de Algarrobo del Aguila a Paso de los Algarrobos se ubica un mínimo gravimétrico de -50 miliGales, Figura 5. Su dimensión es de 50 por 15 km y tiene la forma de un *graben* asimétrico pues el margen noreste presenta los valores gravimétricos más altos, (-23 a -21 miliGales) y en el suroeste varía entre -28 y -30 miliGales. Su rumbo es 332° , similar a la cuenca de Quehué (330°), por lo cual se puede proponer una posible edad triásica.

El defecto de masa correspondiente a -28 miliGales entre el borde noroeste y el centro del mínimo se puede atribuir, de acuerdo con un modelo similar al calculado para la cuenca de Quehué, a un espesor sedimentario de 3200 m. Debido a que no se cuenta con valores de velocidades sísmicas es imposible dilucidar los espesores de las distintas Formaciones que integran esta cuenca.

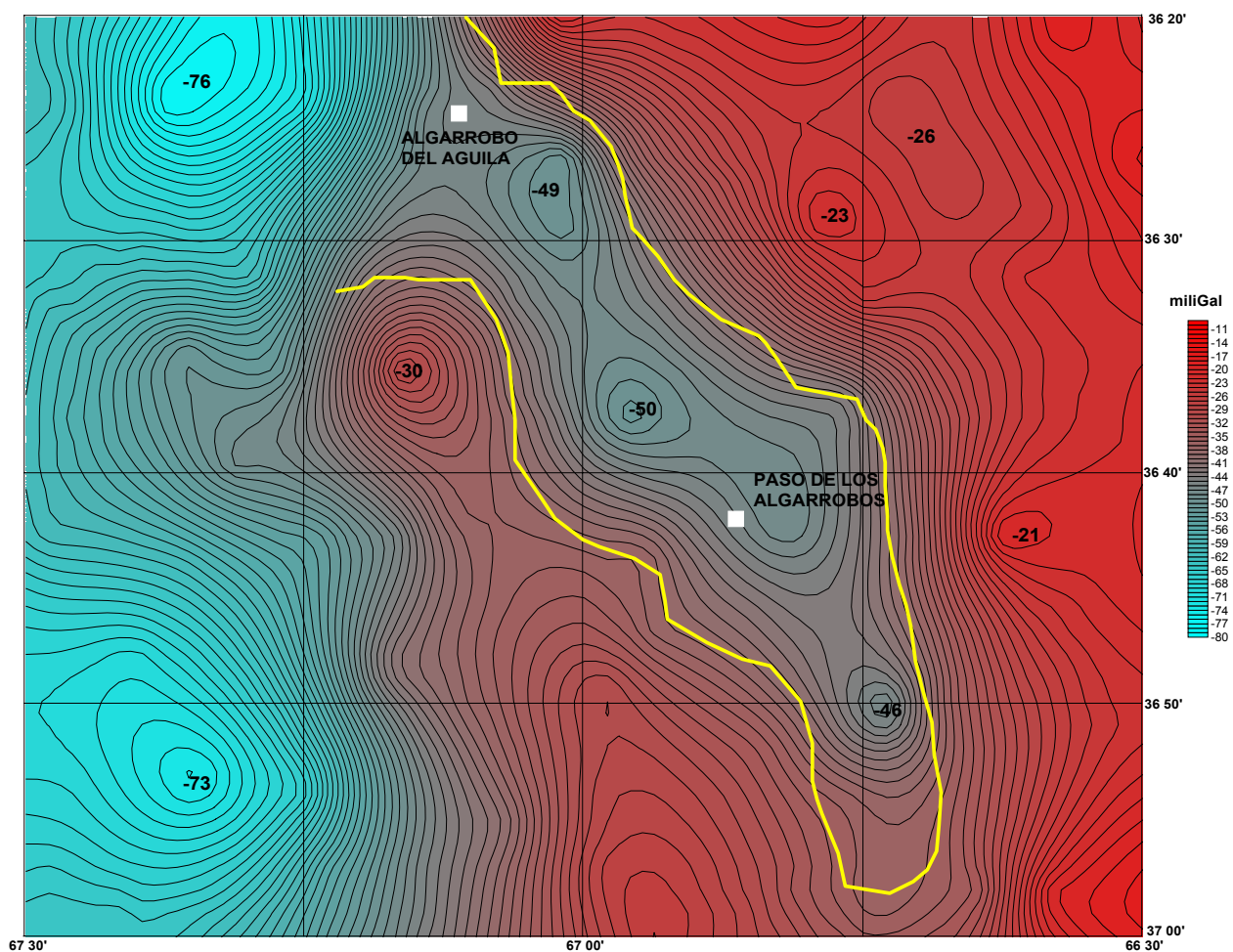


Figura 5.- Cuenca del Algarrobo del Aguila en función de las anomalías gravimétricas de Bouguer. Isolíneas cada 1 miliGal.

Extensión de la cuenca de Laboulaye: en el extremo norte de la cuenca de Quehué se disponen una serie de anomalías gravimétricas negativas de -27 mGal (Figura 6). Aparentemente se conectan con lo que podría ser el extremo sur de las cuencas de Laboulaye o la de General Levalle e, inclusive, con la parte norte de Macachín (Kostadinoff *et al.*, 2001). Estos mínimos tienen en promedio 25 km de diámetro y se los denomina Laguna Licanche, Conelo, Arata y Coronel H. Lagos. Al noreste de la localidad de Winifreda se ubica la anomalía de Villa Mirasol la cual probablemente, por cercanía, esté vinculada a la cuenca de Macachín.

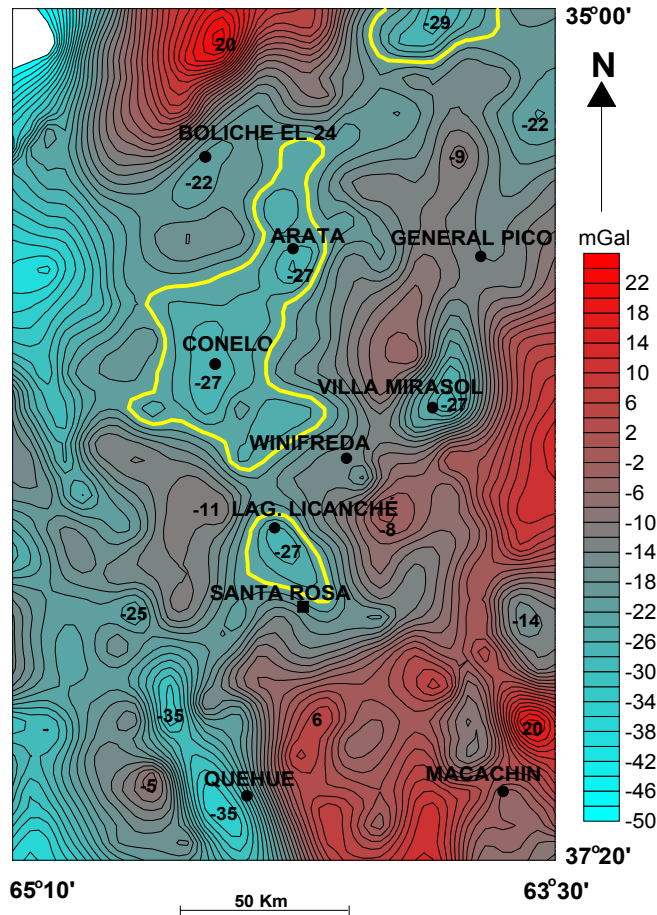


Figura 6.- Extensión probable de la cuenca de Laboulaye en la provincia de La Pampa. Isolíneas cada 1 mGal.

Conclusiones

El relevamiento gravimétrico de 124000 km² en la provincia de La Pampa ha demostrado que este método, en escala regional, es apropiado para la detección de cuencas sedimentarias y, en consecuencia, para la exploración de nuevas áreas. Los bajos costos frente a otras técnicas de investigación y la rapidez en la obtención de datos inciden favorablemente en la utilización de este método como herramienta primaria de exploración.

En la provincia de La Pampa se han hallado dos nuevas cuencas de probable edad Triásica. La más extensa es la cuenca de Quehué, de 15 km de ancho y 250 km de largo y un espesor estimado de sedimentos mesozoicos de 4900 m. De menor magnitud es la cuenca de Algarrobo del Aguila, de 15 km de ancho y 50 km de largo, con un espesor sedimentario de 3200m. Estas cuencas abren nuevas perspectivas a la industria petrolera, la cual podría incentivar inversiones en una región caracterizada por su bajo desarrollo socio económico.

Se ha delimitado con mayor precisión el borde oeste de la cuenca de Macachín y la geometría y profundidad de sus depocentros.

De la misma manera se ha estimado que el engolfamiento neuquino se extiende 35 km hacia el este del yacimiento La Rinconada.

Agradecimientos

Al Agrimensor Ariel Raniolo por la elaboración de los mapas de anomalías y dibujos. A la Licenciada Guillermina Alvarez en la reducción de la información geofísica y al Licenciado Emiliano Santiago y al alumno de la carrera de Geología Martín Casares por su invaluable ayuda en las campañas de campo.

Lista de trabajos citados en el texto

Casadío, 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. Cuencas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En Geología Regional Argentina, En: Caminos, E. (Ed), Subsecretaría de Minería de La Nación, Servicio Geológico Minero, Instituto de Geología y Recursos Naturales, Anales 29: 627-644, Buenos Aires.

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 Décimo Congreso Latinoamericano de Geología y Sexto Congreso Nacional de Geología Económica (3): 499-506. Buenos Aires.

de Elorriaga, E.E. y Camilletti, C.M., 1999. La cuenca de Macachín entre Anguil y Catriló, La Pampa. Catorce Congreso Geológico Argentino, Actas I: 227-230. Salta.

Kostadinoff, J., Llambías, E., Raniolo, L.A. y Alvarez, G.T., 2001. Interpretación geológica de la información geofísica de la provincia de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 56(4): 481-493. Buenos Aires.

Kozlowski, E., Cruz, C. y Sylwan, C., 1998. Modelo exploratorio en la faja corrida de la cuenca Neuquina, Argentina. Boletín de Informaciones Petroleras: 4-23. Buenos Aires.

Legarreta, L. y Gulisano, C.A., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la cuenca neuquina (Triásico Superior – Terciario Inferior). En: Chebli, G. y Spalletti, L.A. (Ed.): Cuencas Sedimentarias Argentinas: 221-243. Serie de Correlación Geológica N° 6. Tucumán.

Legarreta, L. y Uliana, M.A., 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. Instituto de Geología y Recursos minerales. Geología Argentina. Anales 29 (16): 399-432. Buenos Aires.

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: 87-146.

Llambías, E.J., Melchor, R.N., Tickyj, H. y Sato, A.M., 1996. Geología del Bloque del Chadileuvú. Trece Congreso Geológico Argentino y Tercer Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas V: 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.

Orchuela, A.I. y Ploszkiewicz, J.V., 1984. La Cuenca Neuquina. En: Ramos, V.A. (Ed.). Geología y recursos naturales de la provincia de Río Negro, Relatorio. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche): 163-188.

Salso, J.H., 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Nota preliminar. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 21(2): 107-117.

Sato, A.M., Tickyj, H., Llambias, E.J. y 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: 587-610.

Talwani, M., Lamar Worzel, J. y 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. USA.

Tickyj, H., 1999. Estructura y petrología del basamento cristalino de la región centro sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 227 páginas. La Plata.

Yrigoyen , M.R., 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. 6° Congreso Geológico Argentino. Relatorio. Geología de la provincia de Buenos Aires:139-168. Buenos Aires.

Yrigoyen, M.R., Ortíz, A. y Manoni, R., 1989. Cuencas Sedimentarias de San Luis. En *Cuencas Sedimentarias Argentinas*, Serie de Correlación Geológica 6, 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.