



## EL BASAMENTO DE LA CUENCA NEUQUINA

Mario E. Sigismondi<sup>1</sup> y Víctor A. Ramos<sup>2</sup>

1. Petrobras Argentina SA, Neuquén mario.sigismondi@petrobras.com 2. Laboratorio de Tectónica Andina del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, UBA-CONICET, andes@gl.fcen.uba.ar

### RESUMEN

Existen distintas acepciones del término «basamento» que pueden ser tomadas en el estudio de una cuenca sedimentaria: geológica, magnética, gravimétrica, y acústica. En la Cuenca Neuquina definimos al basamento geológico siguiendo el criterio de Llambías & Sato (2011) quienes lo refieren al Grupo Choiyoi, constituido por rocas metamórficas y cuerpos ígneos cuyas edades comprenden desde el Silúrico muy tardío al Pérmico. Desde el punto de vista geofísico, el basamento magnético está formado por rocas con mayor susceptibilidad, cuya magnitud refleja principalmente la abundancia, naturaleza (magnetita – silicatos) y composición química (relación hierro / magnesio) de los minerales constituyentes comparada con los sedimentos suprayacentes; el acústico es la interfase que representa el contraste de impedancias acústicas más profundo y continuo; mientras que las diferencias relativas de densidad en la interfase sedimentos – basamento ígneo-metamórfico son las responsables de las anomalías de gravedad de Bouguer. Para los propósitos de esta contribución se debe tener en cuenta que: a) el basamento geológico y el basamento magnético pueden ser considerados como la misma discontinuidad; b) el basamento gravimétrico tiene muy buena correspondencia con el magnético toda vez que la magnetita tiene elevada densidad, pero puede no coincidir con el basamento acústico, y c) el basamento acústico es usado como control a escala de detalle de manera tal de reducir la ambigüedad inherente de los métodos potenciales, y puede estar cercano e inclusive coincidir estructuralmente con el basamento geológico. La investigación realizada permite una mejor comprensión del comportamiento geodinámico de la cuenca Neuquina especialmente en la región de antepaís, a través de la caracterización de dominios magnéticos y estructura corticales; espesor elástico efectivo y rigidez flexural; distribución de flujo de calor actual en superficie y flujo de calor cortical; posición de hipocentros y geometría del plano de Wadati – Benioff; elaboración de modelos termomecánicos – reológicos de extensión; correlación entre la distribución de hemigrábenes triásico – jurásicos y anomalías de gravedad, entre los elementos principales.

**Palabras clave:** Basamento, cuenca Neuquina, gravimetría; magnetismo; sísmica; flujo de calor

### ABSTRACT

*The basement of the Neuquén basin.* - There are different meanings of the term «basement» in the study of a sedimentary basin: geologic, magnetic, gravimetric, and acoustic. In the Neuquén Basin, Argentina, we define the basement like a «Choiyoi Group» in the sense given by Llambías & Sato (2011), composed of metamorphic and igneous rocks with ages between Silurian to Permian. From the geophysical point of view, the magnetic basement consists of rocks with a higher susceptibility, which mainly reflects the abundance of magnetite – silicates, and chemical composition (iron / magnesium ratio) of the forming minerals; meanwhile acoustic basement can be defined as the deepest and continuous seismic reflector; moreover, relative differences in density between sediment and igneous / metamorphic interface are the main source of Bouguer gravity anomalies. For purposes of this paper we should take into account that: a) geological and magnetic basement can be considered the same discontinuity, b) gravity basement has not only high correlation with the magnetic ones, since magnetite has high density, but also can not match the acoustic basement, and c) seismic-acoustic basement is used only as a tool at detail scales to reduce the ambiguity of the potential methods, and may be close with the geology basement. This research provides a better understanding of the geodynamic behavior of the Neuquina basin, especially in the foreland tectonic areas, through the characterization of magnetic domains and crustal structure, effective elastic thickness and flexural rigidity, current and cortical heat-flow, geometry of the Wadati – Benioff zones; rheology and thermomechanical modeling; and correlation between the Triassic – Jurassic rift deposits and gravity anomalies.

**Key words:** Basement; Neuquina basin; gravity; magnetic; seismic; heat-flow

### INTRODUCCIÓN

Para conocer el basamento de la Cuenca Neuquina se deben integrar el conocimiento de la geología de superficie y del subsuelo. El término basamento se puede referir a una propiedad geofísica o geológica que puede variar desde contrastes relativos de impedancias acústicas (sísmica), de densidad (gravimetría) y de susceptibilidad magnética (magnetometría), los cuales generalmente coinciden con el concepto petrológico del cambio de rocas sedimentarias a ígneo-metamórficas. Sobre esta base se ha tratado de examinar críticamente el valor de la información disponible, y seleccionar aquellos instrumentos

geofísicos que pudieran brindar una perspectiva original e integradora del basamento de la cuenca Neuquina en toda su extensión. Estos métodos permiten explicar la geometría actual de aquel como respuesta a la interacción dinámica de la corteza y el manto litosférico que han condicionado su evolución y distribución de espacios para el relleno sedimentario. Las herramientas de interpretación más adecuadas han sido la gravimetría y la magnetometría, provenientes de campañas terrestres, aéreas y observaciones satelitales, que cubren toda la cuenca y sus áreas vecinas. Como complemento y con la finalidad de minimizar la ambigüedad propia de los métodos potenciales, se han seleccionado zonas de control y calibración detalla-

das de los distintos ambientes morfoestructurales reconocidos en la cuenca, por medio del empleo de sismica y perforaciones. La incorporación al estudio del basamento de la estimación regional del flujo de calor, y de modelos numéricos geodinámicos permitirá ilustrar los elementos de mayor relevancia para el conocimiento del basamento de la cuenca Neuquina.

### CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA

Las sucesivas campañas de relevamientos satelitales del campo magnético terrestre (POGO 1965-71 y MAGSAT 1979-80), dieron indicios de su empleo con fines de interpretación geológica. La existencia de observaciones combinadas y simultáneas - satélites Oersted (1999), CHAMP (2000), y SAC-C (2000), de altitudes orbitales relativamente bajas (450 a 300 km), permitió generar modelos del campo atribuibles a la corteza terrestre exclusivamente, eliminando las contribuciones provenientes del núcleo, la ionosfera, y los campos inducidos de las corrientes oceánicas. El modelo final (MF2-400, de Fairhead & Maus, 2003) con una exactitud de medición de 0,1 nT, permite una resolución del campo cortical de longitudes de onda del orden de 400 kilómetros. A partir de estos datos, se ha caracterizado la estructura de la corteza de la cuenca Neuquina, y se han identificado sus diferentes dominios magnéticos (Fig. 1).

La corteza superior puede ser dividida en dos grandes interfaces por sus propiedades magnéticas: el basamento ígneo - metamórfico, y las rocas sedimentarias suprayacentes. Ambas unidades tienen un fuerte contraste, ya que mientras la susceptibilidad magnética de los sedimentos es del orden de  $50 - 100 \times 10^{-6}$  emu cgs, el basamento tiene valores generalmente superiores a  $2.000 \times 10^{-6}$  emu cgs, y cuando su composición involucra rocas de las familias de los basaltos o diabasas, pueden superar ampliamente los  $20.000 \times 10^{-6}$  emu cgs. Se asume por tanto, que las respuestas obtenidas tienen su origen en el basamento, lo cual permite el mapeo de su geometría con gran fidelidad.

Para la interpretación regional de los principales rasgos corticales empleamos el concepto de «dominios magnéticos». Hay una marcada correlación entre los patrones magnéticos y los rasgos tectónicos mayores en el área de estudio.

Los dominios de primer orden son aquellos que involucran cambios de espesores corticales y relieve astenosférico significativos. El mapa de la Fig. 1 presenta un gran eje de mínimo ubicado en el bajo de Añelo, flanqueado por dos máximos, uno coincidente con la dorsal de Huincul y otro con la zona de plataforma nororiental. Las anomalías magnéticas negativas son interpretadas como resultado de un adelgazamiento cortical y están asociadas a anomalías positivas de Bouguer. El eje de mínimo magnético central coincide muy bien con los depocentros de la cuenca (Bajo de Añelo - Loma La Lata, Estancia Vieja (4 y 5, Fig. 1), y se extiende hacia el dorso de los Chihuidos (6, Fig. 1) siendo su límite noroccidental coincidente con la zona de transferencia de Mandolegüe (3, Fig. 1). Estas anomalías se caracterizan por poseer un rumbo general noroeste, con una longitud de 300 km y un ancho de hasta 125 km que se corresponden en superficie con una zona que involucra a los aparatos volcánicos del

Tromen, Domuyo y Auca Mahuida (9, Fig. 1). Las respuestas son asumidas como monopolos con intensidad de 50 y 70 nT, y profundidades corticales que en el dorso de los Chihuidos alcanzan los 23,9 km, en el bajo de Añelo - Loma La Lata entre 29,8 km, y 27 km (fosa de Estancia Vieja), los cuales son coherentes con el modelado gravimétrico, y corroboran el control cortical las estructuras de basamento, con fuerte ascenso astenosférico.

Inmediatamente al sur del eje de mínimo magnético descrito en el punto anterior aparece un máximo asociado con la dorsal de Huincul (Ploszkiewicz *et al.* 1984) cuya megatrayza sinistral excede los propios límites de la comarca, y alcanza una extensión de 900 km, continuación de la «anomalía Tona» del Mar Argentino (Ghidella *et al.* 1995) en dirección preferencial oeste - este. Este dominio magnético atraviesa la cuenca en toda su extensión, aproximadamente 450 km, con anchos máximos del orden de 115 km, con presencia de anomalías positivas, coincidentes con el anticlinal Las Coloradas en el extremo sur - occidental (1, Fig. 1) y los máximos de Los Bastos, Senillosa - Dos Hermanas (2, Fig. 1) y General Roca - Villa Regina. El análisis espectral indica una profundidad cortical promedio del orden de 37,4 km y su influencia en el relieve estructural en el basamento puede alcanzar los 2,5 km (6,16 km al norte contra 3,58 km al sur de la dorsal de Huincul).

Otro rasgo magnético de primer orden en la comarca, inmediatamente al norte del eje principal de mínimo, está dado por el frente de anomalías regionales positivas de la plataforma nororiental (8, Fig. 1). Esta región coincide con el emplazamiento en superficie de complejos efusivos alcalinos de Payún Matru, Payún Norte, Sierra de Chachahuén, y Sierra Baya, y en subsuelo con el alto de Chihuido de la Sierra Negra. Se trata de anomalías magnéticas monopolares, estructuras semicirculares, con intensidades magnéticas mayores a +500 nT, y que en algunos casos llegan a valores de +700 nT. El tren de anomalías tiene una marcada dirección noroeste - sureste, siguiendo la configuración general para este sector de la cuenca, y tamaños importantes (70 km o más). Puede apreciarse un cambio en la textura de las anomalías magnéticas atribuido al límite entre distintos terrenos (Chernicoff & Zappettini 2004). El extenso manto de basaltos alcalinos del Holoceno y Pleistoceno podrían afectar las respuestas por medio de magnetización inducida, pero su efecto ha sido cancelado o minimizado durante el tratamiento de los datos, lo cual sugiere que son cambios laterales de magnetización que están afectando la corteza continental.

Elementos de segundo orden, están relacionados a la faja plegada del Agrio (7, Fig. 1); y bloque del cerro Chachil, elementos que se extienden 230 km norte - sur y con un ancho máximo de 55 kilómetros. Su profundidad máxima desde cálculos espectrales oscila en 19,5 km, aunque específicamente en la fosa de Loncopué (3, Fig. 1) inmediatamente al oeste, su valor es del orden de 6 - 7 kilómetros. La anomalía mayor de este conjunto es la respuesta magnética bipolar que corresponde al bloque corrido cerro Chachil (2, Fig. 1), que alcanza al oeste 175 nT y al este 25 nT, lo cual significa un elevado gradiente. En el caso del arco volcánico eoceno (3, Fig. 1), los valores de anomalías superan algunas veces las +150 nT (flanco este) contra -200 nT (flanco oeste, fosa de Loncopué), lo cual genera altos gradientes, típicos de discontinuidades estructurales superficiales y significativas. Las formas de las anomalías están asociadas a res-

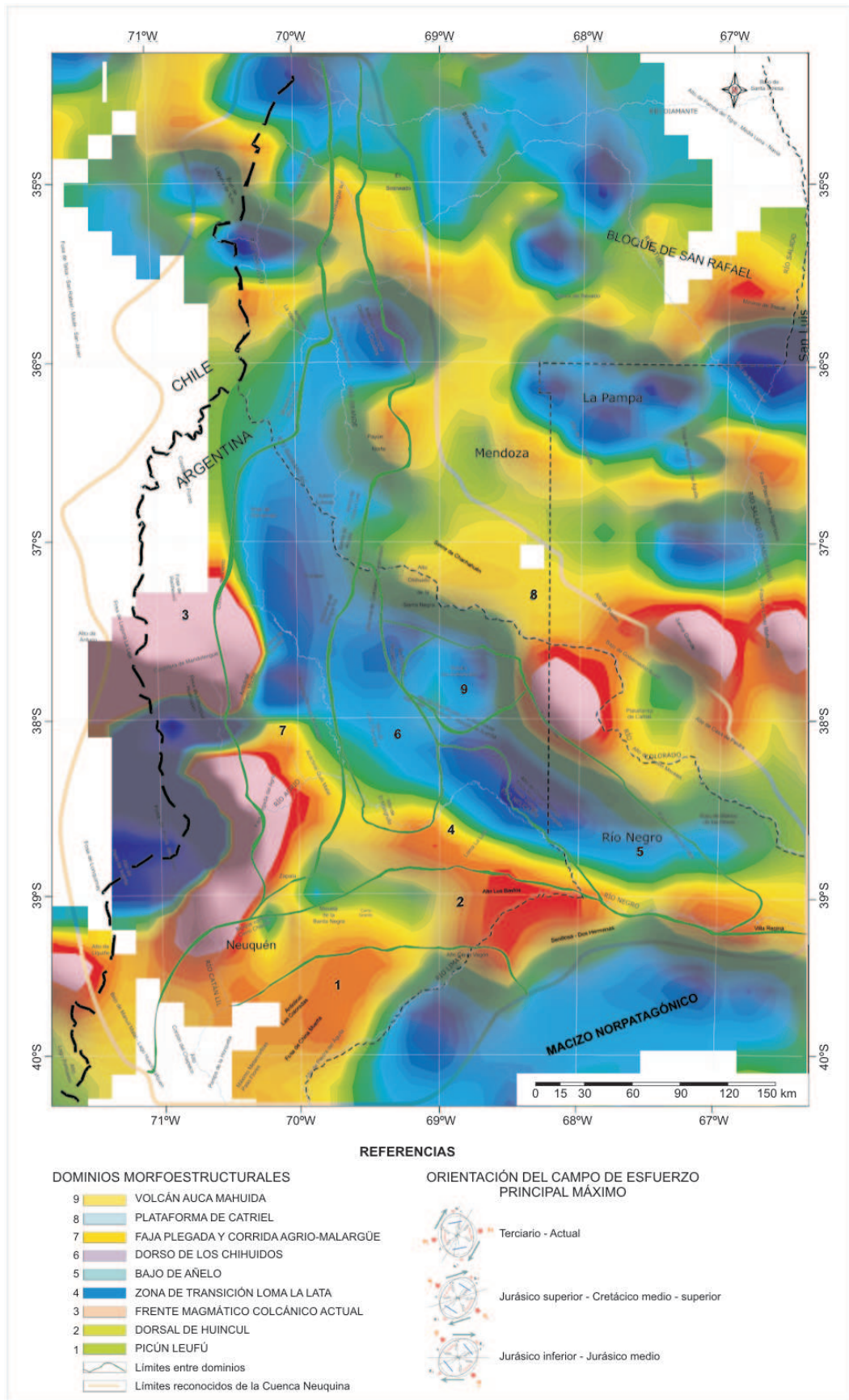


Figura 1: Mapa de anomalías magnéticas corticales de la cuenca Neuquina. Los colores cálidos se corresponden con valores positivos y los fríos con valores de intensidad magnética negativos; el «mínimo» sobre el bajode Añelo se interpreta como una región de atenuamiento cortical como respuesta a la menor intensidad magnética de la astenosfera; este eje de mínimos se continúa en el dorso de los Chihuidos. Datos magnéticos provenientes de información satelital.

puestas bipolares. Otros rasgos regionales identificados son: el lineamiento positivo en dirección noroeste – sureste (3, Fig. 1) que va desde inmediatamente el norte del bloque de Las Leñas y cruza por Llanquanelo hasta la localidad de Santa Isabel, con una extensión de casi 200 kilómetros. Este sistema atribuible a fallas profundas, con rumbo noroeste, se interpreta como una sutura cortical que serviría de conducto para emplazamiento de intrusivos. El lineamiento separa dos mínimos inmediatamente al sur y al norte: El bloque corrido de Sierra Azul – Malargüe, y el bloque Río Diamante – El Sosneado, y la Sierra de Reyes – Pampa Tril. Además, entre las anomalías de segundo orden, aparece una negativa que se corresponde al depocentro del río Grande en Mendoza, asociado a un gran cambio que hay al norte y al sur del río Barrancas (7, Fig. 1). Este corresponde a un fuerte levantamiento terciario que se interrumpe al sur, se cancelan los depocentros del Terciario – Mioceno, y se desplaza el frente de anomalías negativas hacia el este alrededor de 80 kilómetros. Esta respuesta magnética es coherente con el lineamiento del río Barrancas, que interrumpe toda la cuenca terciaria, que se extiende hacia el oriente.

Los dominios de tercer orden están caracterizados por un amplio espectro de intensidad y longitud de onda, cubren partes importantes de la cuenca. Podemos mencionar una serie de anomalías bipolares menores que se emplazan inmediatamente al nordeste de la cuenca Neuquina, fuera del alcance geográfico de la misma: la anomalía bipolar de Puelén - Sierra Baya, que tiene su fuente a profundidad máxima del orden de 15 km, y el Bloque de San Rafael, que separa una anomalía positiva por el oeste y una negativa por el este del mismo. El sistema fisural del

Auca Mahuida (9, Fig. 1), está cruzado por un eje de máximo – mínimo coincidente con los lineamientos en dirección noroeste asociados con fracturas, provenientes especialmente de fuentes someras (12 km de profundidad como máximo) intrasedimentarias e intrabasamentales.

### Estimación de la profundidad de la temperatura de Curie

El flujo de calor es un fenómeno no estacionario, que se puede asumir como variable independiente que controla distintos procesos físicos a escala cortical en periodos de tiempos geológicos prolongados. Ya que el magnetismo de las rocas se pierde al llegar a una temperatura crítica (temperatura de Curie: 550 - 580 °C), la estimación de las profundidades de las fuentes magnéticas es una valiosa información que da indicios para derivar el flujo de calor de la litosfera (Maus *et al.* 2009) generado por desintegración radiactiva. Esto ofrece una interpretación independiente que brinda robustez al modelo de flujo de calor estándar derivado de perforaciones profundas, ya que cada evaluación queda determinada por dos métodos autónomos: geofísicos y temperaturas de fondo de pozo. La Fig. 2a muestra la distribución del gradiente geotérmico de la cuenca Neuquina (equivalente al flujo de calor si la conductividad térmica se considera constante) y la Fig. 2b a partir de observaciones magnéticas satelitales. Ya que las anomalías magnéticas y la estructura cortical se relacionan con la isoterma de Curie, (asumiendo que el manto astenosférico es relativamente no magnético, y las fuentes de larga longitud de onda están ubicadas en el Moho acústico), es posible interpretar las variaciones laterales de magnetización dentro de la corteza (Wasilewski 1981),

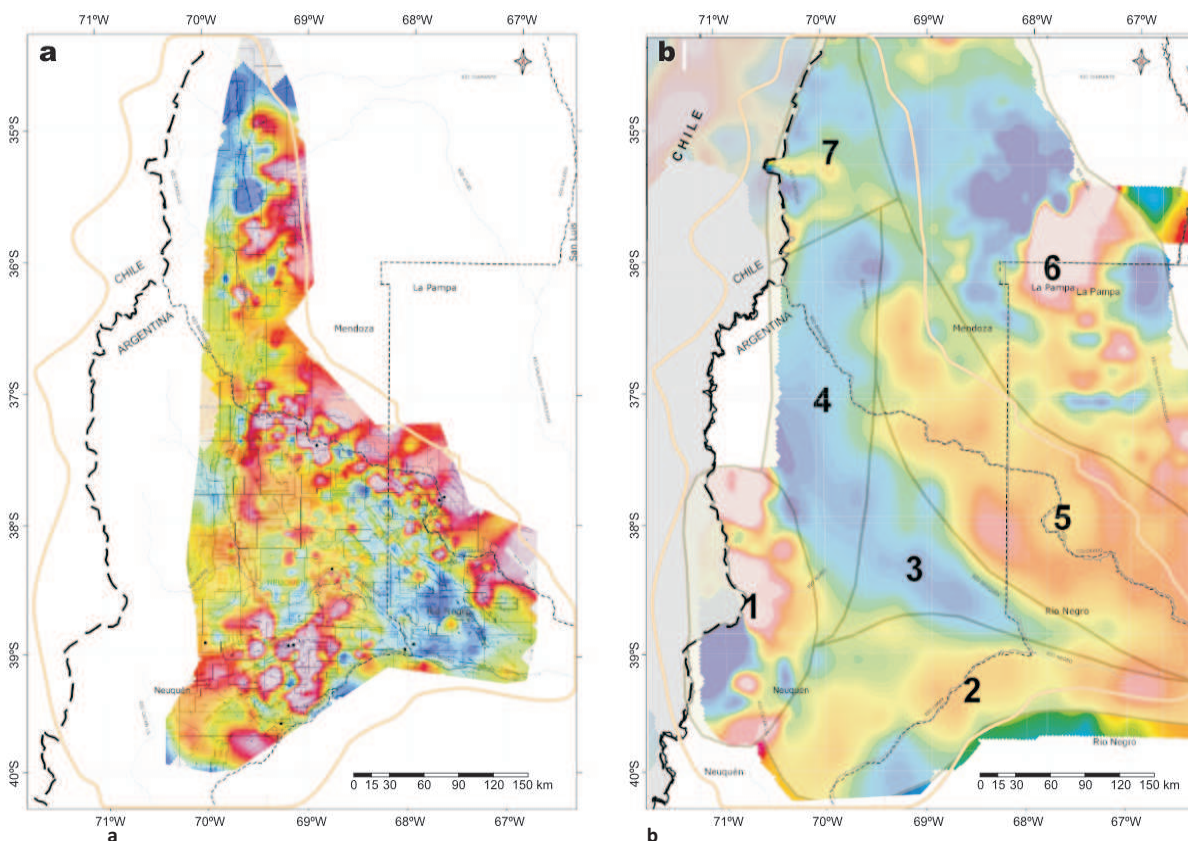


Figura 2: a) Gradiente geotérmico obtenido a partir de datos de pozos; b) Flujo calórico estimado a partir del análisis espectral de anomalías magnéticas (dominios de 1 a 7) satelitales y la temperatura de Curie



como equivalentes, a cambios en la profundidad a la isoterma de Curie, o por una combinación entre ambos factores. En el caso de la cuenca Neuquina podemos señalar de acuerdo a la inspección de gráficos de análisis espectrales, que la magnetización de la litosfera estaría concentrada en la corteza inferior (23,2 km), y para la cuenca en su conjunto, la profundidad mayor de fuentes anómalas se encuentra a 43 km (longitudes de onda de 210 km), y se confirma la existencia de dos interfases en la estructura intracortical de la cuenca, ubicadas a 15,2 km y 10,9 km respectivamente. Por lo tanto, el análisis de los datos magnéticos estaría confirmando la existencia de un flujo de calor de fondo por encima del promedio, como ha sido sugerido por estudios a partir de datos de perforaciones (Sigismondi & Ramos 2008, 2009).

### CARACTERIZACIÓN GRAVIMÉTRICA

La caracterización gravimétrica de la cuenca Neuquina se ha realizado a partir de datos provenientes de diferentes campañas terrestres, aéreas y satelitales, lo que permite un conocimiento regional de la geometría de la deformación del basamento y distribución de discontinuidades en los principales ambientes morfoestructurales (Mosquera & Ramos 2006) con control de sísmica y pozos. El atributo de curvatura de gravedad (Fig. 3), proveniente de las anomalías residuales de Bouguer de distintas épocas y métodos de registración y de anomalías magnéticas, permite caracterizar e ilustrar el comportamiento de la fábrica del basamento.

El aspecto más importante respecto a la caracterización del basamento de la cuenca Neuquina (Fig. 3) es la diferencia en un rasgo superficial como la fábrica del basamento al norte y al sur de la dorsal de Huincul, asociado a un marcado cambio en la rigidez flexural, un rasgo cortical más profundo. Esto pone en evidencia en que la temperatura ha jugado un papel preponderante en la subsidencia litosférica y por lo tanto en la configuración del basamento de la cuenca. Sobre esta base se puede distinguir una litósfera relativamente rígida, espesa y fría (Burov & Diament 1995) al sur de la dorsal de Huincul, de otra atenuada y mecánicamente más susceptible a la deformación al norte (I, II y III, Fig. 3). El modelado gravimétrico permite asociar la génesis de apertura de la Cuenca Neuquina a una dinámica de cizalla simple (Wernicke 1985) más que a cizalla pura (McKenzie 1978) con una zona de despegue de bajo ángulo que atraviesa la corteza y determina la existencia de estructuras asimétricas; predice un atenuamiento cortical y litosférico, corroborado mediante anomalías magnéticas que no coinciden con la zona de levantamiento térmico. Los dominios identificados son función del atenuamiento relativo experimentado entre la corteza y el manto litosférico, que controla también el levantamiento o subsidencia neta, y como el manto litosférico es más denso que la astenósfera, su adelgazamiento produce levantamiento. Las anomalías de gravedad del basamento y del Moho obtenidas por métodos de continuación ascendente, muestran un desplazamiento relativo en los ejes de máximos que se interpretan como asimetrías propias de mecánica de extensión por cizalla simple. Se interpreta que la falla de Entre Lomas – Estancia Vieja tienen raíz cortical del orden de 30 km de profun-

dididad. De la inspección de los mapas de anomalías de Bouguer, se puede observar en el sector de la faja plegada y corrida del Agrio que sus anticlinales coinciden parcialmente con los grábenes del ciclo Precuyano, y que a su vez su fábrica tiene una orientación diferente a la del sur de la dorsal, coincidiendo con las observaciones de geología de superficie. Otro rasgo interesante se observa a lo largo del río Barrancas, donde se han identificado pequeños depocentros que se correlacionan con la presencia de depósitos neocomianos, actualmente obliterados por la cubierta volcánica miocena. Al este de dorso de los Chihuidos, en coincidencia con lo observado por Zapata *et al.* (2002), la gravimetría demostraría que especialmente los anticlinales mayores, coinciden con antiguos grábenes, en especial en la faja de Tres Chorros definida por Vergani *et al.* (1995), correspondiente a la faja plegada y corrida interna del Agrio, así como la depresión de Loncopué, y su zona de transferencia de Mandolegüe, que se hallan segmentadas por una serie de grábenes. Otro depocentro importante es el de Las Loicas, a lo largo del límite con Chile, similar a la fosa de Loncopué (Folguera *et al.* 2007). Se observan depresiones longitudinales oblicuas a la faja plegada y corrida, como el depocentro terciario de Río Grande en Mendoza que desaparece en Neuquén. Hay un cambio muy grande al norte y al sur del río Barrancas, donde contrasta el comportamiento de cuenca asociada con un fuerte levantamiento terciario al norte que se interrumpe hacia el sur. Se observa además un atenuamiento litosférico marcado a lo largo de la Cordillera Principal, posiblemente asociado al arco volcánico cenozoico de gran desarrollo longitudinal, que a la latitud de Pino Hachado, se expande en una serie de anomalías que denotan un fuerte atenuamiento asociado a una región termalmente anómala (Folguera *et al.* 2007). El sistema de *rifting* tiene una orientación preferencial NNW que se destaca en el mapa gravimétrico, sobre el margen occidental del supercontinente de Gondwana. Se pueden distinguir dos fases sucesivas de *rifting*: triásica a jurásica inferior, y jurásica superior, asociadas con subsidencia termal en el Jurásico medio y Cretácico inferior (Giambiagi *et al.* 2003). Las estructuras extensionales más viejas coinciden con dirección de extensión ENE.

### CONCLUSIONES

Los estudios geofísicos realizados demuestran que la geometría y fábrica basamento de la Cuenca Neuquina presenta dos regiones netamente diferentes al norte y al sur de la dorsal de Huincul. Este rasgo cortical de primer orden, condicionó la evolución de la comarca especialmente debido a la gran diferencia en rigidez flexural, la cual condicionó la partición de la deformación al norte y al sur, segmentando la región patagónica del antiguo margen del norte de Gondwana. La mayor rigidez de la corteza al sur, del orden de diez a veinte veces, produjo primordialmente deformación por cizalla lateral, que en el basamento se manifiestan como fallas transcurrentes. Otros rasgos geológicos de primer orden se correlacionan con depocentros tanto extensionales en las etapas iniciales, como compresivos vinculados a la carga tectónica y subsidencia flexural producida por las fajas plegadas y corridas. Este esbozo es solo una síntesis apretada de la

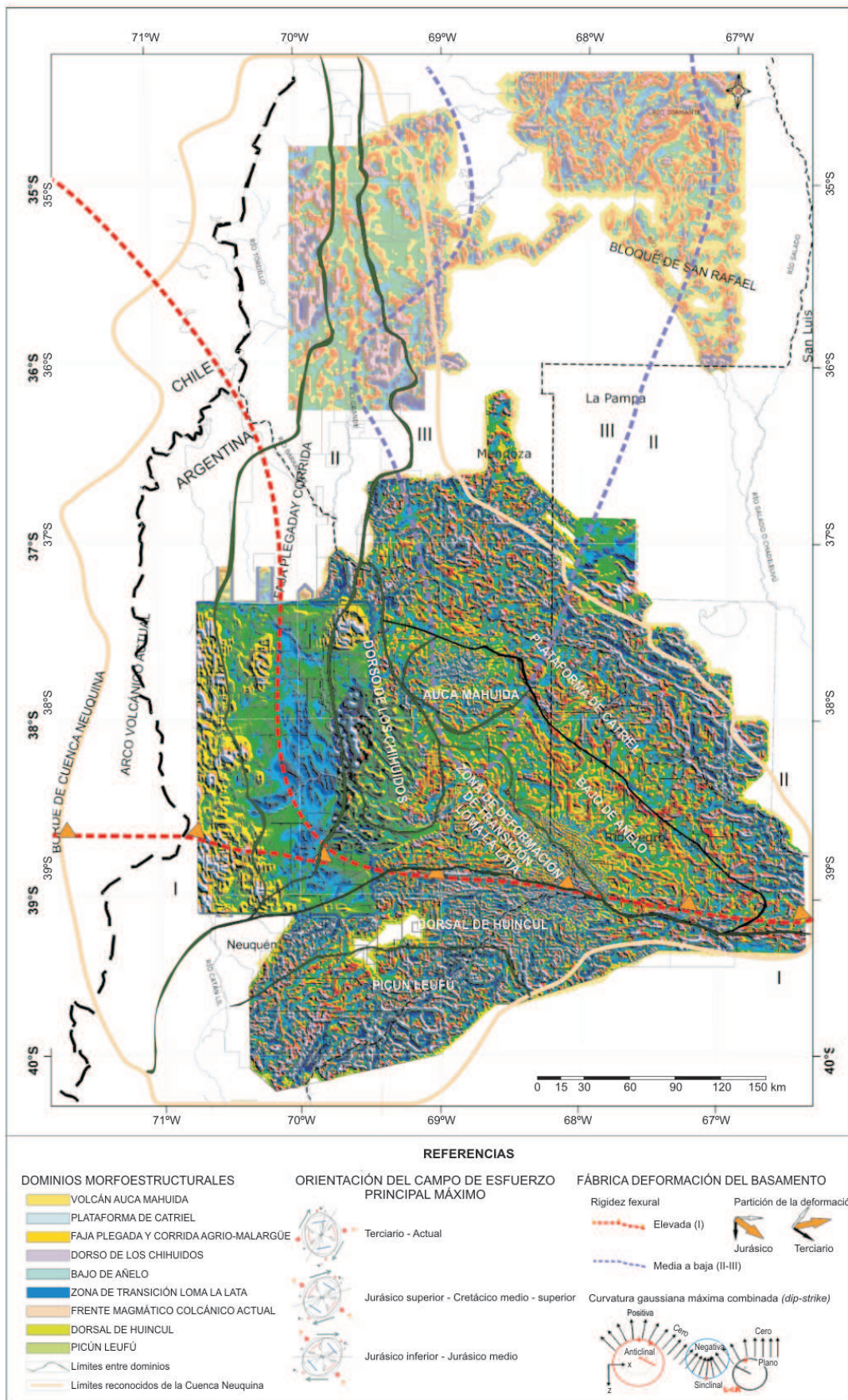
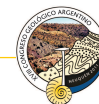


Figura 3: Caracterización de la fábrica de deformación del basamento de la cuenca Neuquina a partir del atributo de curvatura de anomalías gravimétricas y magnéticas. La rigidez flexural (líneas trazos rojas y azules) derivada por métodos independientes (espesor elástico, datos satelitales) es congruente con el cambio de fábrica al norte y sur de la dorsal de Huincul (curvatura de gravedad, datos terrestres).



importancia que tiene la definición geofísica en el establecimiento de la geometría del basamento neuquino.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Petrobrás Argentina SA por permitir la publicación de este trabajo. Esta es la contribución C.XX del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Burov, E.B. & Diament, M. 1995, The effective elastic thickness ( $T_e$ ) of the continental lithosphere: What does it really mean? *Journal of Geophysical Research* 100: 3905-3927.
- Chernicoff, C.J. & Zappettini, E.O. 2004. Geophysical evidence for terrane boundaries in south-central Argentina. *Gondwana Research* 7: 1105-1116.
- Fairhead, J.D. & Maus, S. 2003. CHAMP satellite and terrestrial magnetic data help define the tectonic model for South America and resolve the lingering problem of the pre-break-up fit of the South Atlantic Ocean. *The Leading Edge* 22: 779-783. doi:10.1190/1.1605081.
- Folguera, A., Introcaso, A., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Tunstall, C., García Morabito, E. & Ramos, V.A. 2007. Crustal attenuation in the Southern Andean retroarc (38°–39°30' S) determined from tectonic and gravimetric studies: The Lonco-Luán asthenospheric anomaly. *Tectonophysics* 439: 129-147. doi: 10.1016/j.tecto.2007.04.001.
- Ghidella, M.E., Paterlini, M., Kovacs, L.C. & Rodríguez, G. 1995. Magnetic anomalies on the Argentina Continental Shelf. 4th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and 1st Latin American Geophysical Conference. Expanded Abstracts, 269–272, Río de Janeiro.
- Giambiagi, L., Ramos, V.A., Godoy, E., Álvarez, P. & Orts, S. 2003. Cenozoic deformation and tectonic style of the Andes, between 33° and 34°S. *Tectonics* 22(4): 15-1-18.
- Llambías, E.J. & Sato, A.M. 2011. El ciclo Gondwánico: la provincia magmática Choiyoi en Neuquén: Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino (este volumen).
- Maus, S., Barckhausen, U., Berkenbosch, H., Bournas, N., Brozena, J., Childers, V., Dostaler, F., Fairhead, J.D., Finn, C., von Frese, R.R.B., Gaina, C., Golynsky, S., Kucks, R., Luhr, H., Milligan, P., Mogren, S., Muller, R.D., Olesen, O., Pilkington, M., Saltus, R., Schreckenberger, B., Thebault, E. & Tontini, F.C. 2009. EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Geochemical, Geophysics, Geodesic* 10, doi:10.1029/2009GC002471.
- McKenzie, D.P. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Science Letters* 40: 25-32.
- Mosquera, A. & Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Basin. En S.M. Kay y V.A. Ramos (eds.), *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° S latitude)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 97-124.
- Ploszkiewicz, J.V., Orchueta, I.A., Vaillard, J.C. & Viñes, R.F. 1984. Compresión y desplazamiento lateral en 1a zona de falla de Huincul, estructuras asociadas, provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 163-169, San Carlos de Bariloche.
- Sigismondi, M. & Ramos, V.A. 2008. El flujo de calor de la Cuenca Neuquina, Argentina. En: Enrique, J., Sigismondi, M. & Soldo, J. (Eds.): *La Geofísica: integradora del conocimiento del subsuelo*, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 55-94, Mar del Plata. (ISBN 978-987-9139-48-6).
- Sigismondi, M. & Ramos, V.A. 2009. El flujo de calor en la cuenca neuquina. *Instituto Argentino del Petróleo y el Gas, Petrotecnia* 2(09): 400-412.
- Vergani, G., Tankard, A.J., Belotti, H.J. & Welsnik, H.J. 1995. Tectonic Evolution and Paleogeography of the Neuquén basin. En: Tankard, A.J., Suárez Sorucco, R. & Welsnik, H.J. (Eds.): *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Wasilewski, P. 1981. New magnetic results from Allende C3 (V). *Physics of Earth and Planetary Interior* 26: 134–148.
- Wernicke, B. 1985. Uniform-sense normal sense simple-shear of the continental lithosphere. *Canadian Journal of Earth Sciences* 22: 108-25.
- Zapata, T.R., Córscico, S., Dzelalija, F. & Zamora-Valcarce, G. 2002. La faja plegada y corrida del Agrio: Análisis estructural y su relación con los estratos Terciarios de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas electrónicas, Mar del Plata.

