

**MODELO GEOFÍSICO CON DATOS GRAVIMÉTRICOS Y
AEROMAGNETOMÉTRICOS EN EL BORDE NORESTE DEL MACIZO
NORPATAGÓNICO, RÍO NEGRO, ARGENTINA**

**GEOPHYSICAL MODEL WITH GRAVIMETRIC AND AEROMAGNETOMETRIC
DATA IN NORTHEAST PATAGONIAN MASSIF, RÍO NEGRO, ARGENTINA**

**Federico Lince Klingner², Martín León¹, Patricia Martínez^{1,2}, Cecilia Weidmann², Sheila Anci²,
Orlando Álvarez²**

¹Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
(FCEF y N)- Departamento de Geofísica y Astronomía. San Juan, Argentina.

²CONICET- Instituto Geofísico Sismológico Volponi (IGSV). San Juan, Argentina.

E-mail: fklingner@hotmail.com

RESUMEN

Con el objeto de inferir la distribución en corteza de las diferentes unidades litológicas aflorantes en el borde noreste del macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro, Argentina. Se construyó un modelo de doble inversión utilizando datos de gravedad terrestre y aeromagnetométricos. Este modelo sumado a mapas de reducción al Polo y señal analítica, obtenidos a partir de una grilla de anomalías aeromagnetométricas, permitió dividir la corteza superior en tres dominios magnéticos. Estos cambios laterales de densidad y susceptibilidad magnética podrían estar vinculados a una corteza dividida en bloques de distinto origen. Esto último estaría apoyando la hipótesis sobre la aloctonía de algunos bloques en el norte de la Patagonia, propuesta que recientemente ha sido realizada por otros autores. Desde este modelo se propone un mayor espesor litológico para el Complejo Yaminué y la probable ubicación de su contacto en profundidad con la Formación Nahuel Niyeu.

Palabras claves: Aeromagnetometría; Gravimetría; modelo; corteza.

ABSTRACT

To infer crustal distribution for different outcrop lithological units in the northeastern North Patagonian Massif border, Rio Negro province, Argentine, a double inversion model was built using terrestrial gravimetric and aeromagnetometric data. This model, supported by pole reduction and analytic signal maps obtained from aeromagnetic anomaly grids, allows us divide the upper crust in three magnetic domains. The density and magnetic susceptibility lateral variations could be linked to crustal blocks which differ in their genetic origin. These interpretations are in agreement with hypothesis in the North of Patagonia presented by other authors. As a result from the obtained model, we propose a thicker layer related to Yaminué Complex and, probably, its lithological contact with the Nahuel Niyeu formation.

Keywords: aeromagnetometric; gravimetric; model; crust

INTRODUCCIÓN

En la última década se han intensificado los estudios geofísicos en el Batolito de Somún Cura al noreste del Macizo Norpatagónico (MNP) (Figura 1) (Gregori et al., 2008; Croce et al., 2009; Lince Klinger et al., 2010a; Lince Klinger et al., 2010b; Rapalini et al., 2010; Chernicoff et al., 2013). Croce et al. (2009) aportaron información sobre la profundidad media de cuerpos plutónicos intruidos en el mesozoico (Complejo Plutónico Navarrete), utilizando el método espectral con datos gravimétricos. Lince Klinger et al. (2010a) realizan un modelo gravimétrico estimando la geometría de dichos cuerpos y de la roca de caja de edad pre-mesozoica (Complejo Yaminué) para el que reportan un bajo espesor. Este resultado junto a información geológica es integrada por Rapalini et al. (2010) en un modelo tectónico donde proponen que el Complejo Yaminué se comporta como un conjunto de escamas tectónicas de bajo ángulo, vinculándolas a una hipotética zona de colisión entre el MNP y el cratón del Río de la Plata. Recientemente Chernicoff et al. (2013) apoyándose en información isotópica y geofísica, postulan la amalgamación de un bloque aloctono al terreno Patagonia denominado La Esperanza-Yaminué. Todos los modelos del subsuelo reportados en el área de estudio han sido elaborados a partir de datos gravimétricos y magnetométricos en forma aislada (Lince Klinger et al., 2010 a; Lince Klinger et al., 2010b; Chernicoff et al., 2013).

En el presente estudio se muestra un nuevo modelo de doble inversión para la corteza superior en el noreste del Macizo Norpatagónico utilizando datos de gravedad terrestre y aeromagnetométricos modelados en forma conjunta. Disminuyendo la ambigüedad que se obtiene en modelos de inversión simple generando una respuesta más robusta sobre la distribución lateral de densidades y susceptibilidades magnética en corteza. Este modelo apoyado con el método de señal analítica permitirá localizar el contacto litológico entre dos unidades pre-mesozoicas (Formación Nahuel Niyeu y Complejo Yaminué). Contacto vinculado por Chernicoff et al. (2013) al borde oriental de un bloque aloctono al terreno de Patagonia denominado La Esperanza-Yaminué.

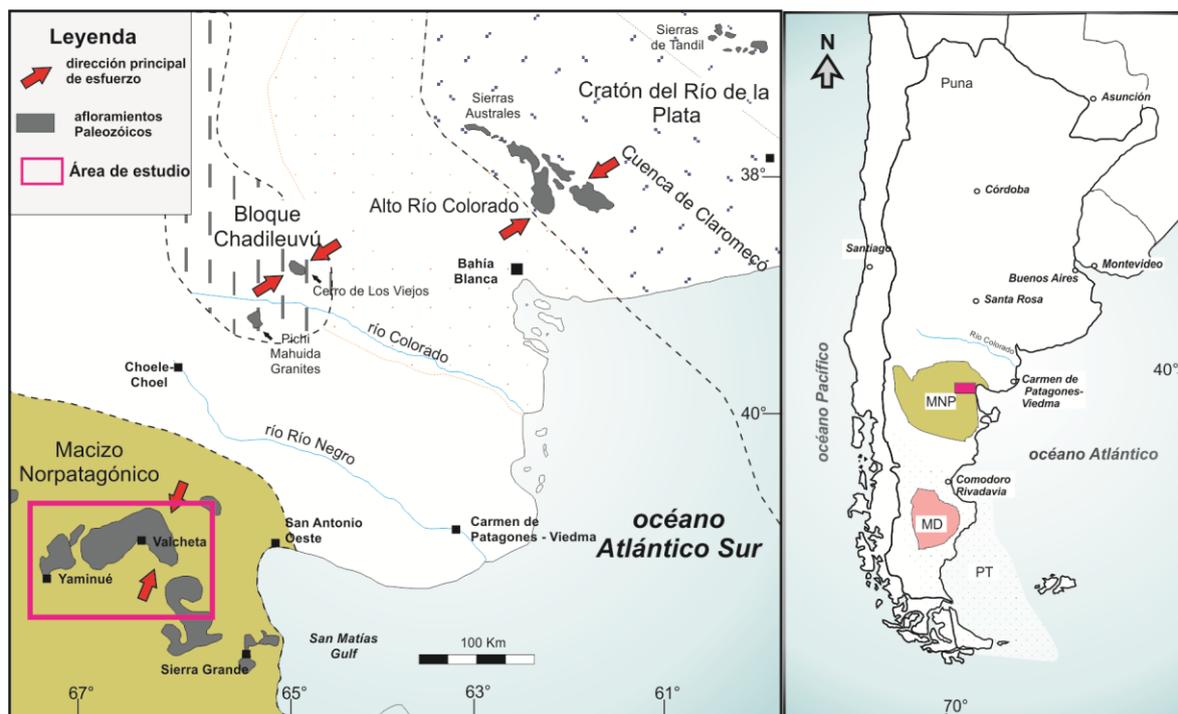


Figura 1. Noreste del Macizo Norpatagónico, con un rectángulo se ubica el área de estudio (Figura modificada de Rapalini et al., 2010).

Figure 1. Northeast of Norpatagonico Massif, a rectangle locates the study area (Figure modified from Rapalini et al., 2010).

LITOLOGÍA

La unidad estratigráfica más antigua de la región es la formación metaclástica Nahuel Niyeu (Chernicoff y Caminos, 1996a), la cual comprende una amplia secuencia de metagrauvascas, limolitas, lutitas, hornfels localizados y escaso material metavolcánico. Éstas han sido datadas utilizando U-Pb en circones detríticos por Pankhurst et al. (2006) atribuyéndole una edad de 515 Ma (Figura 2).

El Complejo Yaminué (CY), originalmente definido por Caminos y Llambías (1984) y profundizado por Chernicoff y Caminos (1996b), Llambías et al. (2002) y López de Luchi et al. (2010), comprende granitoides fuertemente foliados emplazados en gneises, esquistos y margas de edad desconocida. Los mayores y mejores afloramientos de esta unidad se localizan al sur de las estaciones de trenes Falkner y Nahuel Niyeu (Figura 2). Allí, el complejo forma cuerpos de forma laminar de escaso buzamiento con rumbo NE cuya textura es porfídica de grano medio a grueso y de composición granodiorita-monzogranito y en menor cantidad, tonalitas (López de Luchi et al., 2010). El Complejo Yaminué presenta contactos intrusivos y tectónicos con la Formación Nahuel Niyeu en diferentes localidades (Von Gosen, 2003).

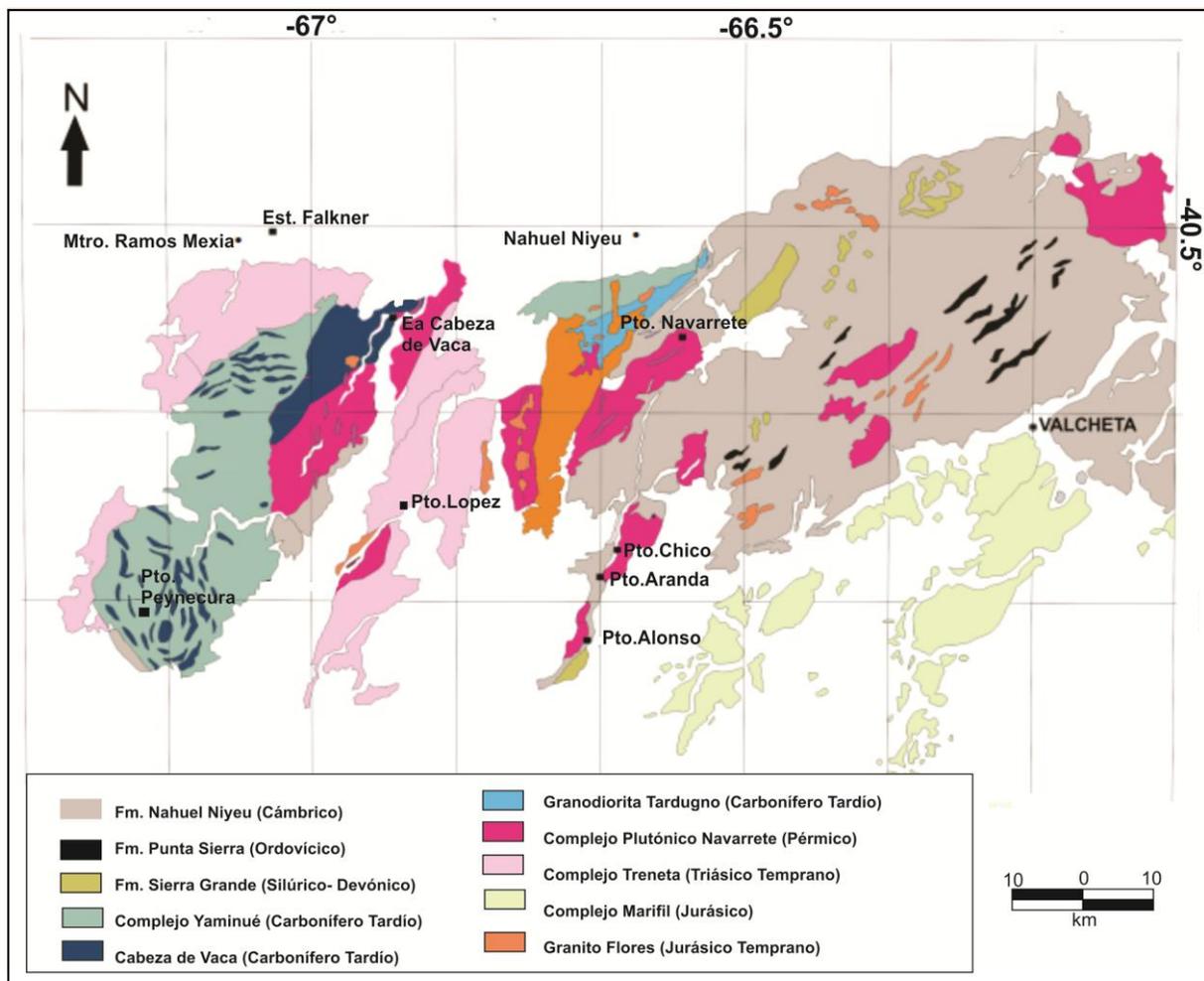


Figura 2. Mapa geológico tomado y modificado de Caminos (2001).
Figure 2. Geological map taken and modified from Caminos (2001).

Las rocas sedimentarias marinas silúricas-devónicas de la formación Sierra Grande (FSG) sobreyacen con una disconformidad a la FNN. La FSG comprende cuarcitas, ortocuarcitas y en menor cantidad conglomerados y pelitas. Se le ha asignado una edad del silúrico al devónico inferior en base a escasos invertebrados fósiles hallados (Manceñido y Damborenea, 1984). Dataciones

recientes de circones detríticos mediante U-Pb (SHRIMP, Uriz et al., 2008) indica una máxima edad depositacional de 428 Ma.

La formación Granodiorita Tardugno (GT) está expuesta al sur de la localidad de Nahuel Niyeu (Figura 2). Ésta consiste en granodioritas porfídicas deformadas e intruidas por tonalitas pérmicas del Complejo Plutónico Navarrete (CPN) y está en contacto con la FNN a lo largo de una superficie de gran buzamiento de rumbo NE, donde se observan efectos de cizalla y milonitas. Basei et al. (2002) proporciono una edad de 300 ± 6 Ma usando U-Pb convencional sobre tonalitas para la formación GT.

El Complejo Plutónico Navarrete (CPN) es la más conspicua unidad del Paleozoico Superior del área de estudio. Está compuesta por granodioritas, tonalitas, granitos y microtonalitas asociadas, microgranodioritas, microdioritas y diques leucograníticos, los cuales se sugirió que estaban relacionados a un magmatismo de zona de subducción (Rapela y Caminos, 1987). Los mayores afloramientos se localizan al sur de la localidad de Nahuel Niyeu (afloramiento este, 70 km^2) y la estación ferroviaria Falkner (afloramiento oeste, 180 km^2) (Figura 2). Diferentes facies se han identificado en este complejo (Rapela y Caminos, 1987).

En algunas áreas el CPN es cortado por granitos epizonales (Granito Flores) del Jurásico Inferior o cubierto por rocas volcánicas del Triásico (Formación Treneta) o más jóvenes como así también por sedimentos modernos. Contactos con la roca de caja (comúnmente metasedimentos de FNN) son discordantes y agudos. Solo en algunos lugares los bordes del plutón son predominantemente concordantes con la foliación de la roca metasedimentaria circundante.

METODOLOGÍA

El dato geofísico

Se dispuso de 144 datos gravimétricos y altimétricos cedidos por el Instituto Geofísico Sismológico Volponi (IGSV), el detalle de la adquisición y procesamiento han sido descritos por Croce et al. (2009). Por otro lado, los datos aeromagnetométricos fueron solicitados al Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Las autoridades del mencionado organismo cedieron una grilla de anomalías aeromagnetométricas con nodos cada 250 m. Este dato fue adquirido a una altura de vuelo nominal de 120 m siguiendo líneas de vuelo principales de dirección N-S, espaciadas cada 1000 m. Se realizaron líneas de vuelo de control con dirección E-O, espaciadas cada 7500 m.

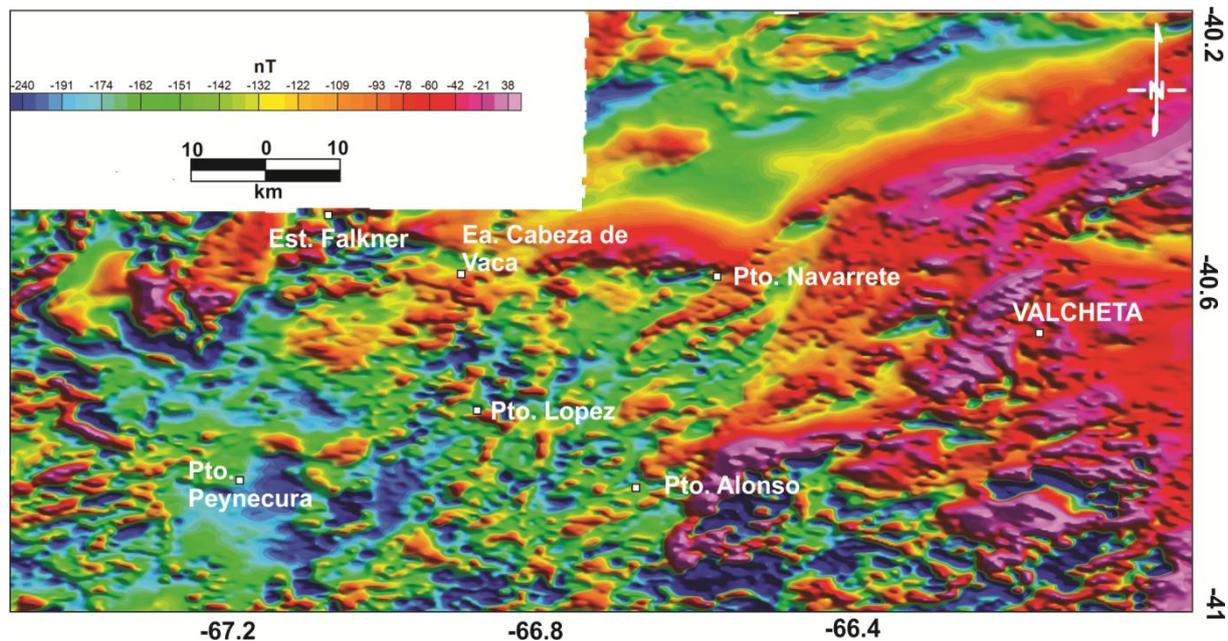


Figura 3. Mapa de anomalías aeromagnéticas.
Figure 3. Map of aeromagnetic anomalies.

Interpretación de anomalías aeromagnetométricas

Reducción al Polo

Se realizó la reducción al Polo (Baranov, 1957) de la grilla de anomalías aeromagnetométricas (Figura 3), buscando vincular las diferentes anomalías con las estructuras geológicas identificadas en el área de estudio y a lo largo del perfil A-A'. Para ello, fue necesario prolongar las anomalías aeromagnetométricas reducidas al polo a una altura de 1 km (Figura 4), filtrando las cortas longitudes de onda (ruido y fuentes superficiales).

Cabe señalar que al realizar esta transformación se modifica el valor real de las anomalías y que el magnetismo remanente no ha sido considerado, por lo tanto sólo utilizaremos la RTP como método de interpretación auxiliar. Sin embargo, a lo largo del perfil A-A' (Figura 5) las anomalías aeromagnéticas son contrastadas con las gravimétricas, de esta forma y a grandes rasgos podemos determinar la influencia del magnetismo remanente a lo largo de la sección A-A' (Cordell and Taylor, 1971; Chandler et al., 1981 y Blakely, 1995).

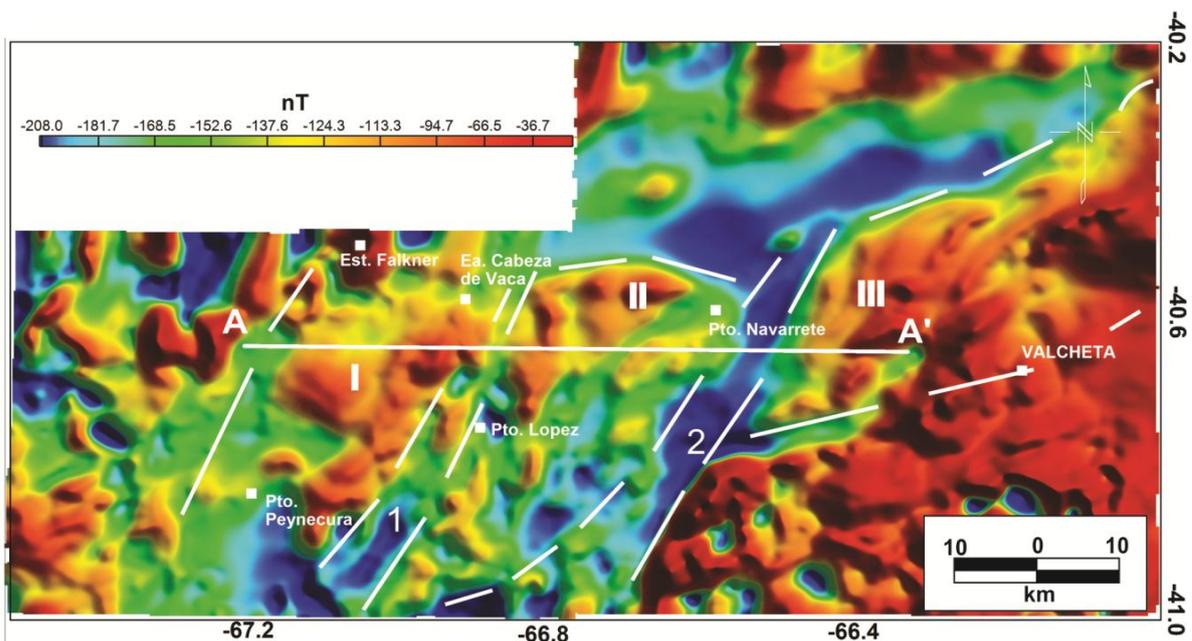


Figura 4. Mapa de anomalías aeromagnetométricas reducidas al Polo y prolongada a 1 km de altura. Con líneas de trazo se delimitan regiones magnéticas interpretadas. La línea de color blanco A-A' ubica al perfil a modelar.

Figure 4. Map of reduced-to-pole aeromagnetometrics anomalies, continued upward to 1 km. Solid White lines delimitate the magnetic regions. A-A' is the modeled profile.

Señal Analítica

La técnica de señal analítica está basada en la metodología desarrollada por Nabighian (1972, 1974), quien aplica por primera vez el concepto de señal analítica a datos de campo de potencial en dos dimensiones para fuentes bidimensionales. Luego Roest et al. (1992) proponen que la señal analítica de anomalías de campo magnético puede usarse efectivamente para mapear límites de cuerpos 3D. Una ventaja del uso de la señal analítica es que su forma es independiente de la dirección (inclinación y declinación) de la magnetización del cuerpo fuente, como así también del buzamiento de la misma. Con el objeto de resaltar los bordes entre los diferentes dominios geológicos se determinó la amplitud de la señal analítica utilizando la grilla de anomalías aeromagnetométricas prolongada a 1 km, en el área de estudio y a lo largo del perfil A-A' (Figura 6).

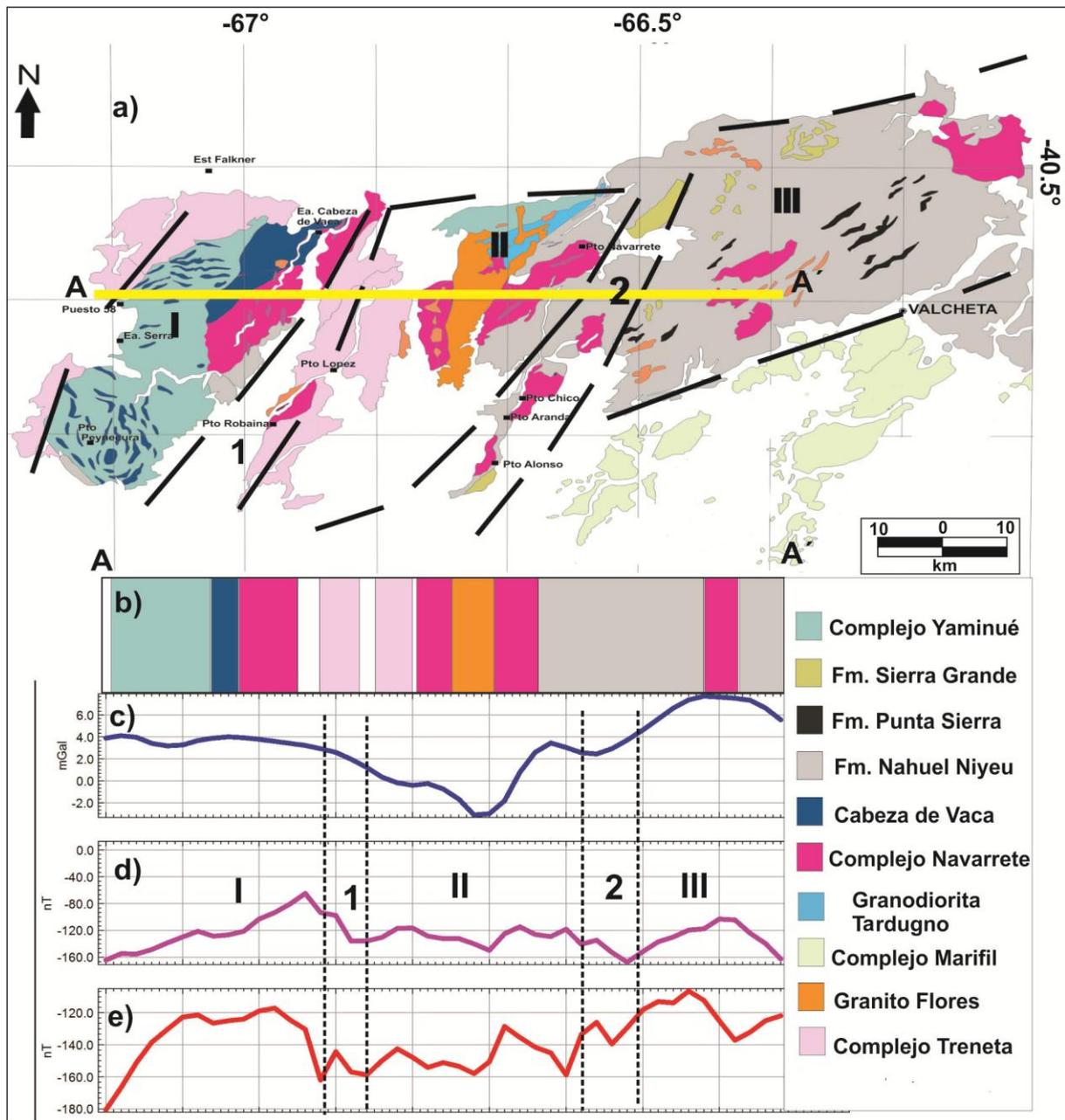


Figura 5. a). Mapa geológico con las regiones magnéticas interpretadas desde el mapa de campo magnético reducido al Polo de la Figura 5. Con línea llena de color amarillo Perfil A-A'. b). Esquema auxiliar que permite seguir los afloramientos que cruza el perfil A-A'. c). anomalía residual de Bouguer. d). anomalía aeromagnetométrica reducida al Polo prolongada a 1 km. Las líneas de punto delimitan las regiones magnéticas atravesadas por el perfil A-A'. e). anomalía aeromagnetométrica.

Figure 5. a). Geological map with the magnetic regions interpreted from the map reduced to Pole Figure 5. With yellow solid line the profile A-A'. b). Schematic from outcrops crossed with profile A-A'. c). Bouguer residual anomaly. d). aeromagnetic anomaly reduced to the pole continued to 1 km. Dotted lines delineate the regions crossed by the magnetic profile A-A'. e). aeromagnetic anomaly.

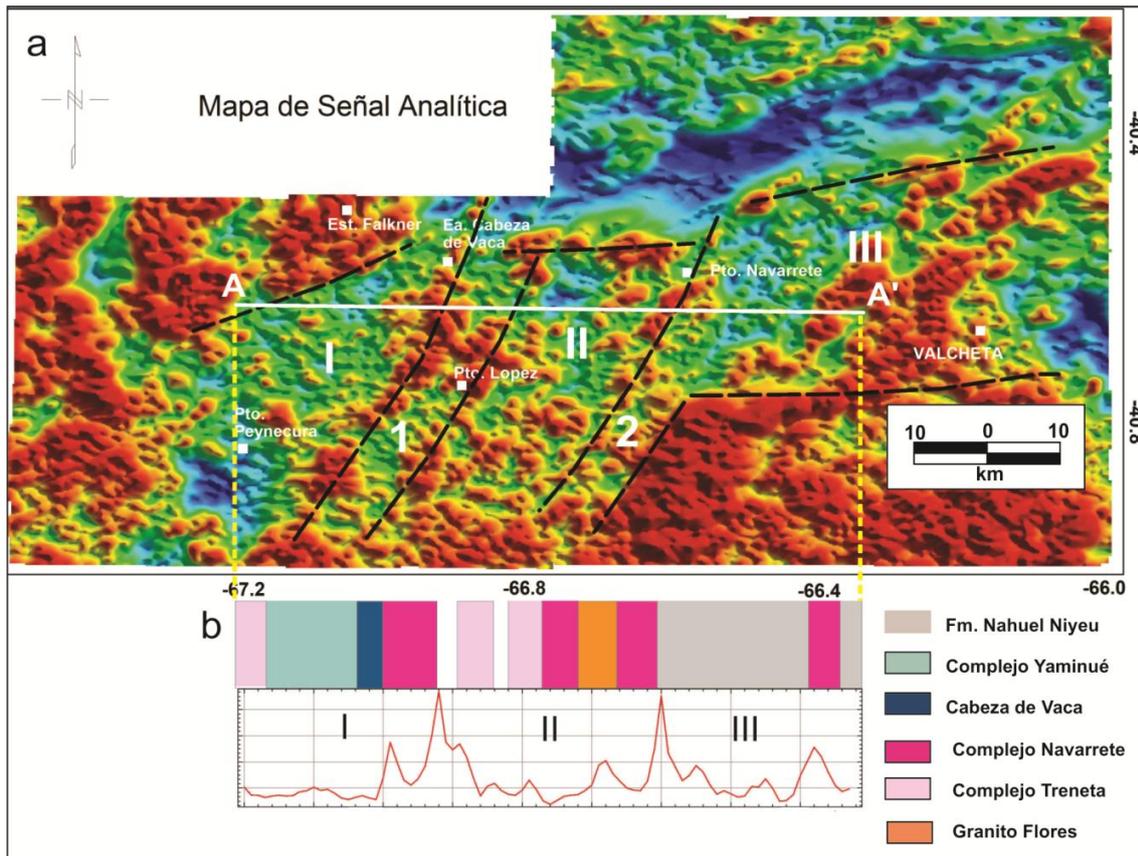


Figura 6. a). Mapa de Señal Analítica. Con líneas de trazo se delimitan distintas regiones magnéticas; b). Amplitud de la Señal Analítica (ASA) a lo largo del Perfil A-A'. Las zonas en blanco corresponden a rocas post-jurásicas no diferenciadas.

Figure 6. a). Analytical signal map. Solid lines delimiting magnetic regions b). Analytical signal amplitude (ASA) along the profile A-A'. White areas correspond to post-Jurassic undifferentiated rocks.

MODELO GRAVI-MAGNETOMÉTRICO

La relación entre las anomalías y sus fuentes se cuantifica, en buena medida a través de modelos geofísicos. Esta relación no es unívoca, por lo que es necesario establecer límites iniciales que restrinjan el número de soluciones posibles. Sin embargo el modelado geofísico por medio de diferentes métodos (gravimétrico y magnetométrico) utilizados en manera conjunta disminuye la incertidumbre atribuida al modelar de forma independiente. En este trabajo contamos con la ventaja de tener valores de densidad y susceptibilidad magnética de los cuerpos graníticos y de la roca de caja. A partir de la integración de la información geofísica- geológica descrita abajo, fue posible determinar un modelo de doble inversión a lo largo del perfil A-A' (Figura 7).

Información de Ajuste

Las principales variables de ajuste al modelar fueron la densidad y la susceptibilidad magnética. Los valores de densidades magnéticas fueron cedidos por el Laboratorio de Paleomagnetismo "Daniel Valencio" del IGEBA. Investigadores de este instituto realizaron la recolección de muestras y determinación de sus respectivas densidades (Tabla 1). Los valores de densidad obtenidos indican que la Formación Nahuel Niyeu (Llambías et al., 2002) es la unidad de mayor densidad aflorante (2.72 g/cm^3). Mientras que el Complejo Yaminué posee densidades medias de 2.64 g/cm^3 semejante a la densidad del Complejo Navarrete (2.63 g/cm^3). Gregori et al. (2008) reportan densidades dispares para el Complejo plutónico Navarrete y sus rocas de caja (Complejo Yaminué y Formación Nahuel Niyeu). Sin embargo las densidades tienen similar contraste siendo las rocas de la Formación Nahuel Niyeu las de mayor densidad con relación a las concernientes al Complejo Yaminué y al

Complejo Plutónico Navarrete. Es notable el amplio rango de densidades que presentan las rocas de caja y en particular los granitoides del Complejo Yaminué. Resulta importante destacarlo, por la incidencia que tendrá posteriormente en la etapa de modelado con relación a su geometría.

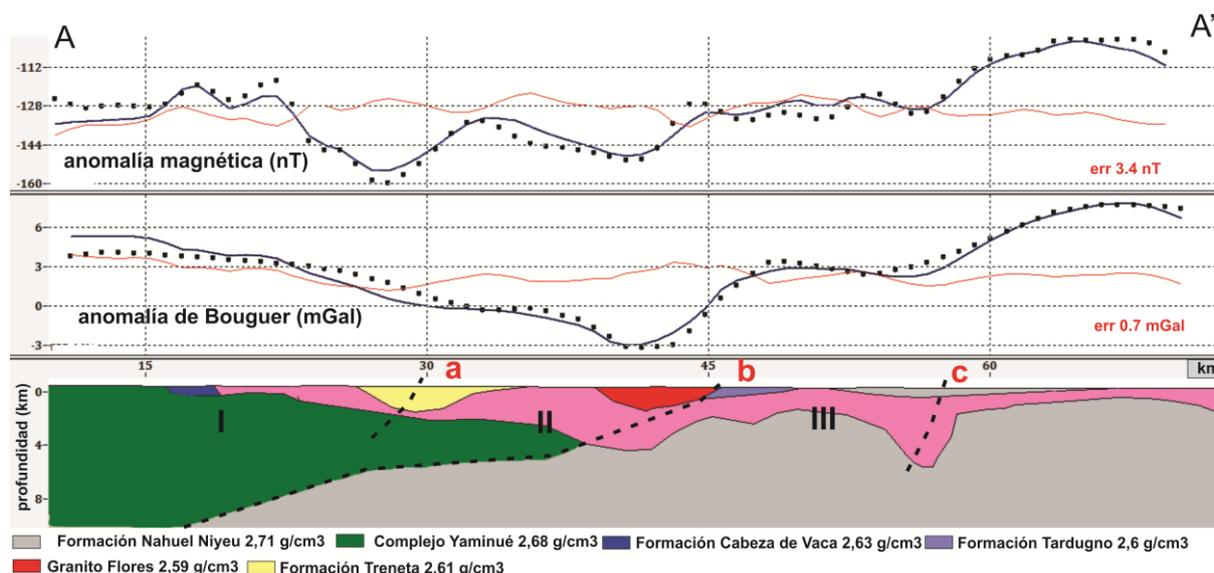


Figura 7. Arriba: Modelo de doble inversión. Con línea azul anomalías calculadas, con línea de puntos anomalías observadas. Con línea llena color rojo error de ajuste. Con las letras a, b y c fallas propuestas a partir de información geofísica y geológica.

Figure 7. Top: double inversion model. Calculated anomalies with blue line. Observed anomalies with dotted line. a, b and c, faults proposed from geophysical and geological information.

				Lince Klinger et al. (2010)	Gregori et al.(2008)
Unidad Geológica	sitio	n	densidad (g/cm ³)	densidad promedio (g/cm ³)	densidad (g/cm ³)
F. Nahuel Niyeu	M1	6	2.747	2.72 ± 0.03	2.650 a 2.700
	M2	7	2.691		
	M3	6	2.714		
	M4	8	2.725		
	M5	9	2.637		
Complejo Yaminué	M6	10	2.611	2.64 ± 0.05	2.550
	M7	8	2.599		
	M8	7	2.625		
	M10	8	2.660		
	M11	7	2.614		
Complejo plutónico Navarrete	M12	7	2.649	2.63 ± 0.02	2.530
	M13	7	2.655		
	M14	7	2.654		
	M9	7	2.603		
Granito Flores	M15	8	2.584	2.59 ± 0.01	—

Tabla 1. Densidades promedio
Table 1. Average Densities

Los granitos del Complejo Plutónico Navarrete presentan valores de susceptibilidad magnética $k > 10^{-3} S$ coherente con su composición férrica. Estos son elevados con respecto a las metamorfitas de

la Formación Nahuel Niyeu, granitoides del Complejo Yaminué y los leucogranitos Cabeza de Vaca y Flores, que tienen $K < 10^{-4} SI$ (Tabla 2).

En cuanto a la geometría de los diferentes cuerpos se utilizó la información reportada por Croce et al. (2009) referente a la profundidad del Plutón Navarrete. Estos autores basados en datos gravimétricos terrestres resolvieron profundidades de 6.5 a 8 km utilizando el método radial espectral.

Unidad Geológica	Susceptibilidad Magnética k (SI)	Litología
F. Nahuel Niyeu	$1.3 \cdot 10^{-4}$ Gregori et al. (2008)	Esquistos, metareniscas, margas, metavolcanitas
Complejo Yaminué	$3 \cdot 10^{-4}$ Gregori et al. (2008)	Granitoides biotíticos fuertemente foliados. Ortogneis biotíticos, granodiorita anfíbol biotítico.
Complejo Plutónico Navarrete	Ferromagnético $1 \cdot 10^{-3}$ Rapalini et al. (2010)	Monzodiorita, monzogranito biotítico, anfíbol biotítico, granodiorita tonalítica
Granito Flores	Paramagnético $1 \cdot 10^{-4}$	Leucogranito
Complejo Volcánico Treneta	$1 \cdot 10^{-4}$	Diques y rocas efusivas dacíticas a riolíticas
Granito Cabeza de Vaca	Paramagnético $1 \cdot 10^{-4}$ Rapalini et al. (2010)	Leucogranito biotítico

Tabla 2. Susceptibilidades magnéticas y profundidades termobarométricas
Table 2. Magnetic susceptibilities and depths thermobarometry

Construcción del modelo

El modelo fue realizado utilizando el programa GM-SYS (módulo de Oasis Montaj V 7.2) que está basado en el método de Talwani et al. (1959). Se calcularon las respuestas gravimétrica y magnética directas, construyendo en cada sección polígonos cerrados representativos de cada unidad geológica. En el caso de la magnetometría se utilizó una sección extraída desde la grilla de datos aeromagnéticos (Figura 3). A cada dominio geológico se le asignó un valor de densidad y susceptibilidad magnética constante de acuerdo a lo establecido en las Tablas 1 y 2. El modelo preliminar se construyó a partir de la información de ajuste descripta anteriormente y a los relevamientos geológicos descriptos en la hoja geológica Valcheta 4166-I, elaborada por Caminos (2001). De esta forma se consideraron los afloramientos de las unidades geológicas atravesadas por el perfil A-A'. Además se tuvieron en cuenta los esquemas estructurales de López de Luchi et al. (2010); von Gosen (2003) y Chernicoff y Caminos (1996).

RESULTADOS

A grandes rasgos el mapa de anomalías aeromagnéticas reducidas al Polo (Figura 4) presenta tres regiones con diferente comportamiento magnético en el sentido de oeste a este:

I) Esta región magnética coincide morfológicamente con el afloramiento del Complejo Yaminué, el Plutón Navarrete occidental y los leucogranitos Cabeza de Vaca. Estas anomalías son geoméricamente semejantes a las anomalías residuales de Bouguer presentadas en Croce et al. (2009).

II) Aquí predominan los afloramientos del granito Flores, granodioritas Tardugno, Plutón Navarrete Oriental. Se encuentra delimitada al Oeste por un tren de bajos magnéticos (1) donde predominan afloramientos de la Formación Treneta. Este mínimo magnético de dirección SO-NE coincide con el mínimo gravimétrico expresado en el mapa de Bouguer presentado por Croce et al. (2009). Al Este limita con (2) un mínimo de dirección cuasi-paralela a (1) que se extiende desde los afloramientos de

las sedimentitas marinas de la Formación Sierra Grande hasta el sur del Pto. Alonso, generando un importante gradiente con la región III.

III) Esta región coincide morfológicamente, al norte, con el afloramiento de las rocas metamórficas de la Formación Nahuel Niyeu. Se observan en el área central máximos anómalos de menor dimensión y dirección SO-NE. Estos concuerdan con conspicuos afloramientos de las Formaciones Punta Sierra, Navarrete y granito Flores con dirección paralela a las anomalías observadas. A grandes rasgos y considerando la diferencia de resolución entre los mapas de anomalías RTP (Figura 4), este dominio magnético se puede vincular al máximo gravimétrico occidental determinado en Croce et al. (2009).

Los máximos de amplitud de Señal Analítica a lo largo del perfil A-A' (Figura 6), marcan los límites de las regiones descritas con anterioridad denotando cambios abruptos en la susceptibilidad magnética. El modelo de doble inversión de la Figura 7 muestra al complejo Yaminué como un cuerpo cuneiforme de aproximadamente 12 km de profundidad al oeste, haciéndose más superficial hacia el centro del perfil abarcando la región occidental (I) y parte de la región central (II). Tomando como base la Amplitud de la Señal Analítica (Figura 6), las soluciones de la Señal Analítica encontradas en base a datos gravimétricos (Lince Klinger et al., 2010a) y toda la información geológica (Chernicoff y Caminos 1996b; von Gosen, 2003; López de Luchi et al., 2010; Rapalini et al., 2010) se interpretaron fallas (a); (b) y (c) que involucran al basamento (Figura 7).

CONCLUSIONES

La identificación de tres regiones con diferente comportamiento magnetométrico y gravimétrico permitió determinar una corteza superior con cambios laterales de susceptibilidad magnética y densidad. La disminución de gravedad y magnetismo en la región central están vinculados al emplazamiento en corteza superior del batolito de Somún Cura, mientras que los máximos valores coinciden con los afloramientos de las unidades basamentales, Formación Nahuel Niyeu (región III) y Complejo Yaminué (región I). El modelo de doble inversión realizado con gravedad y magnetismo en forma conjunta resolvió un mayor espesor para el Complejo Yaminué y un posible contacto en profundidad entre las litologías que conforman el basamento. Considerando la propuesta de otros autores estos cambios laterales de densidad y susceptibilidad magnética podrían estar vinculados a una corteza dividida en bloques con un origen distinto.

Agradecimientos: Los autores agradecen a SECITI- UNSJ – con el proyecto jóvenes investigadores que permitieron solventar las campañas de relevamiento de datos de campo.

REFERENCIAS

- Baranov, V., 1957. Potential field and their transformations in applied geophysics. Gerbänder Bonntreager, Berlin. 121 p.
- Basei, M.A.S., Varela, R., Sato, A.M., Siga, J.R. y Llambías, E.J., 2002. Geocronología sobre rocas del Complejo Yaminué, Macizo Norpatagónico, Río Negro, Argentina. Actas 15° Congreso Geológico Argentino, 3: 117-122, El Calafate. Argentina.
- Blakely, R., 1995. Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press. 441 pp. Cambridge.
- Caminos, R., 2001. Descripción Geológica de la Hoja Valcheta 4166I, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 310, 78p.
- Caminos, R. y Llambías E.J., 1984. El basamento cristalino. In: Ramos, V.A. (ed.). Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro. Buenos Aires, 9th Congreso Geológico Argentino, Relatorio, 37-63.
- Chandler, V.W., Koski, J.S., Hinze, W.J. y Braile, L.W., 1981. Analysis of multi source gravity and magnetic anomaly data set by moving-window application of Poisson's theorem. Geophysics 46: 30-39.
- Chernicoff, C.J. y Caminos, R., 1996a. Estructura y relaciones estratigráficas de la Formación Nahuel Niyeu, Macizo Norpatagónico oriental, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51: 201-212.
- Chernicoff, C.J. y Caminos, R., 1996b. Estructura y metamorfismo del Complejo Yaminué, Macizo Norpatagónico oriental, provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51: 107-118.

- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., Mc Naughton, N.J. y Belousova, E., 2013. Combined U-Pb SHRIMP and Hf isotope study of the Late Paleozoic Yaminué Complex, Rio Negro Province, Argentina: Implications for the origin and evolution of the Patagonia composite terrane. *Geoscience Frontiers*, 4: 37-56.
- Cordell, L. y Taylor, P., 1971. Investigation of magnetization and density of a North Atlantic seamount using Piosson's theorem. *Geophysics*, 36: 919-937.
- Croce, F., Lince Klinger, F., Giménez, M., Martínez, M.P., Ruiz, F., 2009. Estimación de Profundidades Del Complejo Plutónico Navarrete Mediante Procesamiento Gravimétrico. *Geoacta*, (34): 1-8.
- Gregori, D., Kostadinoff, J., Strazzere, L., Raniolo, A., 2008. Tectonic significance and consequences of the Gondwanide orogeny in northern Patagonia, Argentina. *Gondwana Research*, 14: 429-450.
- Lince Klinger, F., Giménez, M.E., Martínez, M.P., Rapalini, A., Novara, I., 2010a. Poisson relation applied to the Navarrete Plutonic Complex, northeast North- Patagonian Massif, Argentina. *Geofísica Internacional*, 49 (4): 263-274.
- Lince Klinger, F., Martínez, M.P., Rapalini, A.E., Giménez, M.E., Croce, F.A. y Ruiz, F., 2010b. Modelo gravimétrico en el borde noreste del macizo Norpatagónico. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28 (3).
- López de Luchi, M.G., Rapalini, A.E., Tomezzoli, R.N., 2010. Magnetic Fabric and Microstructures of Late Paleozoic granitoids from the North Patagonian Massif: Evidence of a collision between Patagonia and Gondwana?. *Tectonophysics*, 494: 118-137.
- Llambías, E.J., Varela, R., Basei, M., Sato, A.M., 2002. Deformación y metamorfismo Neopaleozoico en Yaminué, Macizo Norpatagónico (40°50'S, 67°40'W): su relación con la Fase Orogénica San Rafael y el arco de los Gondwánides. *Actas 15° Congreso Geológico Argentino*, 3: 123-128. Buenos Aires.
- Manceñido, M.O. y Damborenea, S.E., 1984. Megafauna de Invertebrados paleozoicos y mesozoicos. San Carlos de Bariloche, Relatorio del 9th Congreso Geológico Argentino, 413-465.
- Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two- dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated interpretation. *Geophysics*, 37: 780-786.
- Nabighian, M.N., 1974. Additional comments on the analytic signal of twodimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. *Geophysics*, 39: 85-92.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M., Márquez, M., 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews*, 76: 235-257.
- Rapalini, A.E., López de Luchi, M., Martínez Dopico, C., Lince Klinger, F., Giménez, M., Martínez, P., 2010. Did Patagonia collide against Gondwana in the Late Paleozoic?. Some insights from a multidisciplinary study of magmatic units of the North Patagonian Massif. *Geológica Acta*, 8 (4): 349-371.
- Rapela, C.W. y Caminos, R., 1987. Geochemical characteristics of the Upper Paleozoic magmatism in the eastern sector of Northpatagonian Massif. *Revista Brasileira de Geociencias*, 17 (4): 535- 543.
- Roest, W.R. y Pilkington, M., 1993. Identifying remanent magnetization effects in magnetic data. *Geophysics*, 58: 653-9.
- Talwani, M., Worzel, J.L. y Landisman, M., 1959. Rapid gravity computations for two dimensional bodies with application to the Mendocino Submarine Fracture zone. *Journal of Geophysical Reserch*, 64(1): 49-58.
- Uriz, N.J., Cingolani, C.A., Chemale, J.R., Macambira, M.J., 2008. Edades U-Pb en circones detríticos del Grupo Ventana (Provincia de Buenos Aires) y de la Formación Sierra Grande (Macizo Nordpatagónico): Análisis comparativo de Procedencia. San Salvador de Jujuy, 17th Congreso Geológico Argentino, Abstracts, 912-914.
- Von Gosen, W., 2003. Thrust tectonics in the North Patagonian massif (Argentina): implications for a Patagonian plate. *Tectonics*, 22 (1): 1005, 33pp. doi:10.1029/2001TC901039.

Recibido: 1-8-2013

Aceptado: 3-6-2014