



PROFUNDIDADES AL BASAMENTO EN EL BAJO DE GASTRE, A PARTIR DE SOLUCIONES DE SEÑAL ANALÍTICA, CHUBUT. ARGENTINA

Federico Lince Klingler^{1*}; M. P. Martinez¹; M. E. Gimenez¹; F. Ruiz¹

¹ IGSV, Instituto Geofísico Sismológico Volponi, FCEFyN, Universidad Nacional de San Juan. Ruta 12, Jardín de los Poetas (Rivadavia), San Juan, Argentina. CP 5400. flklinger@hotmail.com

Abstract:

A gravimetric and magnetometric study at Gastre Trough, province of Chubut, allowed to reveal its basement geometry. Magnetic anomalies were linked to the gravity anomalies with the amplitude of the 3D analytic signal. Application of the magnetometric and gravimetric methods showed geophysical domains that have been associated with a fractured basement with high and sunken blocks inside the Trough. The depths found in the Bajo de Gastre (3.9 km) through the analytic signal amplitude (magnetism) are consistent with those determined in a forward gravity model (3.6 km). The 3D analytical signal and the horizontal gradient glimpse the existence of a high basement at central Gastre Trough. Said block seems to have been elevated during the Tertiary, due to the reactivation of older faults

Keywords: trough, Gastre, magnetometry, gravimetry

Resumen

Un estudio gravi-magnetométrico permitió revelar la geometría basamental de la fosa de Gastre. Las anomalías magnéticas fueron vinculadas a las anomalías de gravedad mediante la amplitud de la señal analítica 3D. La aplicación conjunta del método magnetométrico y gravimétrico mostró dominios geofísicos que han sido asociados a un basamento fracturado con bloques elevados y hundidos en el interior de la Fosa. Las profundidades encontradas en el bajo de Gastre (3,9 km), mediante la amplitud de la señal analítica (magnetismo) son consistentes con las determinadas en un modelo gravimétrico (3,6 km). La amplitud de la señal Analítica y el gradiente horizontal de la gravedad muestran la existencia de un alto de basamento que se desarrolla con dirección NW-SE en el centro de la fosa. El mismo parece haber sido elevado durante el Terciario producto de esfuerzos compresivos y de la reactivación de fallas antiguas

Palabras claves: fosa, Gastre, magnetometría, gravimetría

Introducción

En la Patagonia extrandina, al suroeste del macizo Norpatagónico, se extiende una depresión en dirección NO - SE denominada Fosa de Gastre (Figura 1b). Coira et al. (1975) relacionan el origen de esta fosa a una tectónica transtensional, producto de la reactivación de fallas de rumbo de edad paleozoica a precámbrica. Este sistema de fracturas junto a franjas de milonitas desarrolladas en rocas plutónicas de edad triásica tardía – jurásica temprana en la sierras de Calcatapul y Lonco Trapial constituyen la base de la hipótesis desarrollada por Rapela y Pankhurst (1992). Sin embargo, estudios realizados en la sierra de Calcatapul por Von Gosen y Loske (2004) y posteriormente Zaffarana et al. (2010) reportan falta de evidencias.



Según Figari y Courtade (1993) la fosa de Gastre pertenece junto a otros depocentros aislados a una unidad morfoestructural de mayor tamaño denominada cuenca de Cañadón Asfalto (Figura 1b). Su evolución está relacionada fuertemente a esfuerzos extensionales, desde el Triásico tardío-Jurásico temprano hasta fines del Cretácico. Afectando a un *basamento* de edad precámbrica a paleozoica inferior constituido principalmente por rocas metamórficas, volcánicas y plutónicas (Figura 1a). El relleno de la cuenca representa las distintas etapas de un sistema de rift-postrift (Figari y Courtade, 1993) comenzando por la secuencia volcánica-sedimentaria del *Grupo Lonco Trapial* (Lesta y Ferello, 1972) y la sección inferior de la *Formación Cañadón Asfalto* (Stipanivic et al., 1968) que representan la fase temprana del rift, las mismas fueron agrupadas en la *Megasecuencia 1*. La parte superior de la *Formación Cañadón Asfalto* donde intervienen areniscas, limolitas, pelitas y calizas ha sido asignada, a la *Megasecuencia 2* y representa la etapa terminal de la evolución del rift (Figura 1a). Por otro lado, los depósitos acumulados durante la subsidencia termal de la cuenca en el curso medio del río Chubut *Grupo Chubut* (Lesta, 1968) han sido incluidos en la *Megasecuencia 3* (Figura 1a). Durante el segundo movimiento Andino la cuenca experimenta una etapa de inversión tectónica que sobrepone una compresión al estilo extensional previo (Figari, 2005). Esta etapa queda evidenciada en el suroeste del macizo Norpatagónico por las sierra del Medio (Llambías et al., 1984); sierras de Taquetrén, y Jalalubab (Figari y Courtade, 1993).

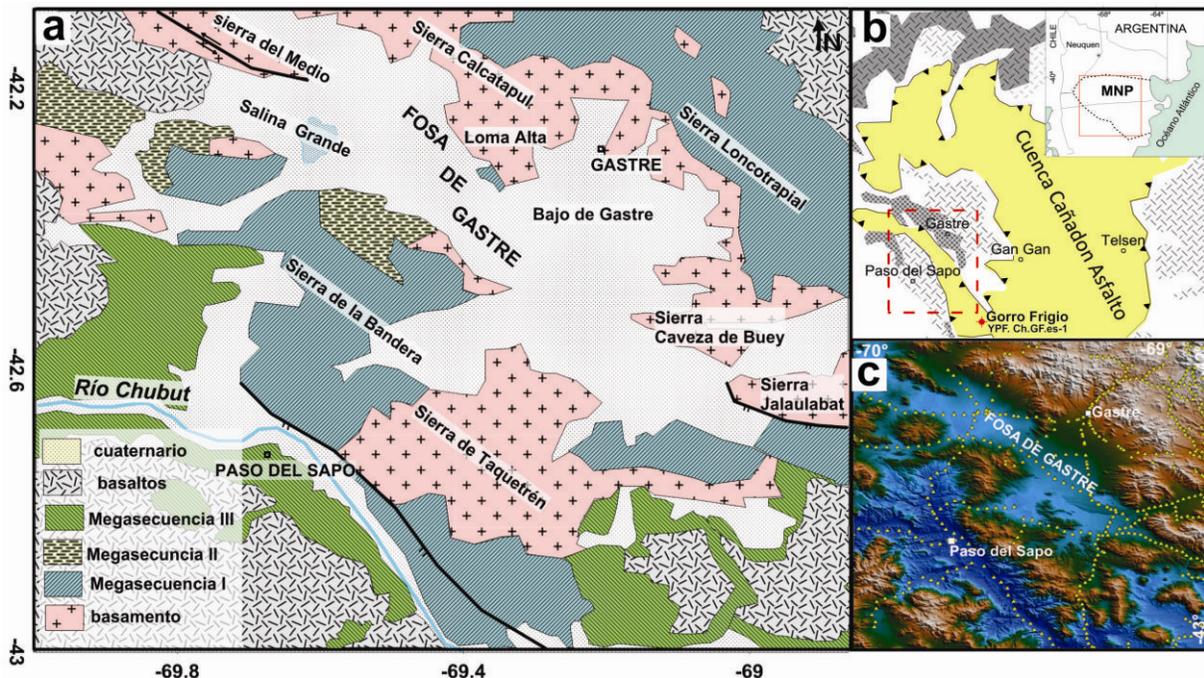


Figura 1: a) Mapa geológico mostrando el basamento y distintas etapas de rift y postrift agrupadas en diferentes megasecuencias; b) con líneas de punto de color rojo en la cuenca de cañadón Asfalto se muestra la ubicación del área de estudio; c) distribución de estaciones gravimétricas, magnetométricas y topográficas.

Las diferentes propuestas realizadas sobre el tectonismo y la falta de información geofísica en la fosa de Gastre, motivaron la realización de este trabajo. Como es sabido, los mapas de anomalías de gravedad y magnetismo conjuntamente con la utilización de técnicas generadas a partir de los métodos potenciales (gradiente horizontal, señal analítica y modelado directo de campo potenciales) son ampliamente utilizados para vislumbrar la geometría y profundidad al basamento cristalino de las cuencas sedimentarias. Aquí utilizaremos estas técnicas con el fin de aportar información geofísica sobre el basamento que subyace a un potente espesor volcánico-sedimentario en la fosa de Gastre.



Procesamiento y adquisición del dato magnetométrico.

Se realizaron 479 lecturas de intensidad de campo magnético total utilizando dos magnetómetros GSM modelo 19GW Overhauser, con precisión de $\pm 0,1$ nT (Figura 1c). Las mediciones fueron realizadas cada 2 km reduciendo la distancia a 1 km en las zonas de mayor interés (Bajo de Gastre). En cada estación se determinó la altura elipsoidal (h) referida al WGS84 (World Geodetic System 1984), utilizando dos GPS geodésicos de simple frecuencia y precisión submétrica. En el campo se dispuso de un equipo base y otro móvil con un radio máximo de 20 km de separación, utilizando la modalidad *stop and go* con un periodo de medición de 5 minutos por estación.

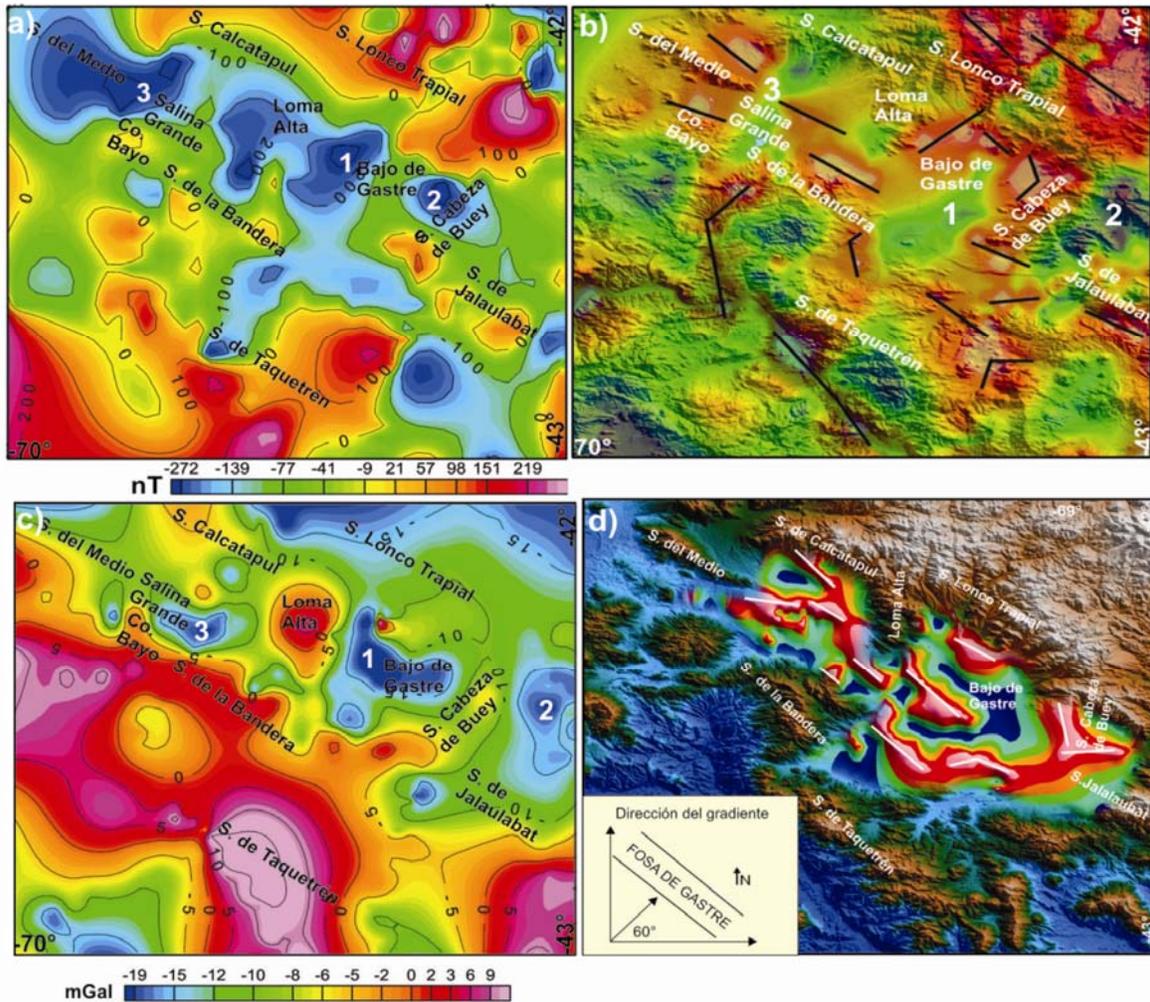


Figura 2: a) Mapa de anomalías magnéticas, los números 1, 2 y 3 representan mínimos magnéticos; b) mapa de amplitud de señal analítica superpuesto a un modelo de elevación digital, con líneas negras máximos valores.; c) Mapa de anomalía residual de Bouguer (Lince Klinger, 2010), los números indican mínimos anómalos; d) mapa de gradiente horizontal de la gravedad determinado perpendicularmente a la dirección principal de la fosa (Lince Klinger et al, 2011), con líneas blancas los máximos valores.

Los valores de intensidad de campo magnético total fueron corregidos por variaciones diurnas. Se contó con la información del observatorio magnético de Trelew (red intermagnet), con registros cada 1 minuto. Luego al mapa de intensidad de campo magnético total corregido se le descontó el campo IGRF para la fecha de adquisición del dato (Blakely, 1995), obteniéndose las anomalías magnéticas correspondientes al área de estudio (Figura 2a). En este mapa se visualizan una serie de mínimos que se desarrollan en forma



discontinua a lo largo de la fosa de Gastre (1, 2, 3). Fuera de la fosa predominan las anomalías magnéticas positivas con sus mayores exponentes en las sierras: Lonco Trapial, Calcatapul, de Jalalubab y de la Bandera. Al sur de la sierra de Taquetrén un tren anómalo de valores positivos se corresponde con la falla de Paso del Sapo (Figura 1a). Para vincular las anomalías magnéticas con las gravimétricas obtenidas del mapa residual de Bouguer (Lince Klinger, 2010) (Figura 2c), se determinó desde la grilla magnética la amplitud de la señal analítica 3D (Roest et al. 1992). Luego, se trazaron lineamientos magnéticos que representan los bordes de dominios geológicos en la fosa de Gastre, utilizando un modelo de elevación digital del terreno y la amplitud máxima de la señal analítica 3D (Figura 2b). Dichos lineamientos son consistentes con los bordes de las anomalías gravimétricas (figura 2c) y con el gradiente horizontal de la gravedad (Figura 2d) de esta forma, las anomalías magnéticas son vinculadas a los mínimos gravimétricos localizados en el Bajo de Gastre (1), salina Grande (2) y este de la sierra Cabeza de Buey (3).

Señal analítica

Siguiendo la metodología propuesta por Nabighian (1972) se determinaron valores de profundidad a partir de la amplitud de la señal analítica a lo largo del perfil magnético 3 (Figuras 3 y 4e). Dichas soluciones fueron contrastadas con las curvas de: gradiente horizontal de la gravedad, anomalía residual de Bouguer, topográfica, amplitud de la señal analítica, anomalía magnética y la reducida al polo (Figura 4). Los máximos valores en la curva de gradiente horizontal de la gravedad se indican con números del 1 hasta el 5 y denotan cambios laterales de densidad en ambos bordes de la fosa (Sierras de Taquetrén, de la Bandera y Calcatapul) y en el centro de la misma (Bajo de Gastre) (Figuras 4a y 4b). Estos máximos se correlacionan con los picos de la amplitud de la señal analítica derivada del magnetismo en los bordes de la Fosa y en menor medida en el Bajo de Gastre. Esto se debe a la atenuación producida por la relación inversa existente entre la amplitud de la señal analítica y la profundidad de la fuente generadora. Cabe destacar que el gradiente horizontal de la gravedad no involucra derivada vertical por lo que dicha relación produce un cambio más suave que en la amplitud de la señal analítica (Li, 2006). Las profundidades encontradas son consistentes con las halladas con otros métodos como el espectral aplicado a datos gravimétricos (Lince Klinger et al, 2010) y el modelado gravimétrico (Lince Klinger et al 2011) (Figura 3 y 4a). Sin embargo al superponer las soluciones derivadas del dato magnético, con el modelo gravimétrico, se encuentran desplazadas lateralmente producto del magnetismo remanente (Li, 2006). La presencia de remanencia magnética es evidente al ver el desplazamiento (L) del mínimo anómalo en la gráfica de anomalía magnética vs anomalía magnética reducida al polo (Figura 4d).

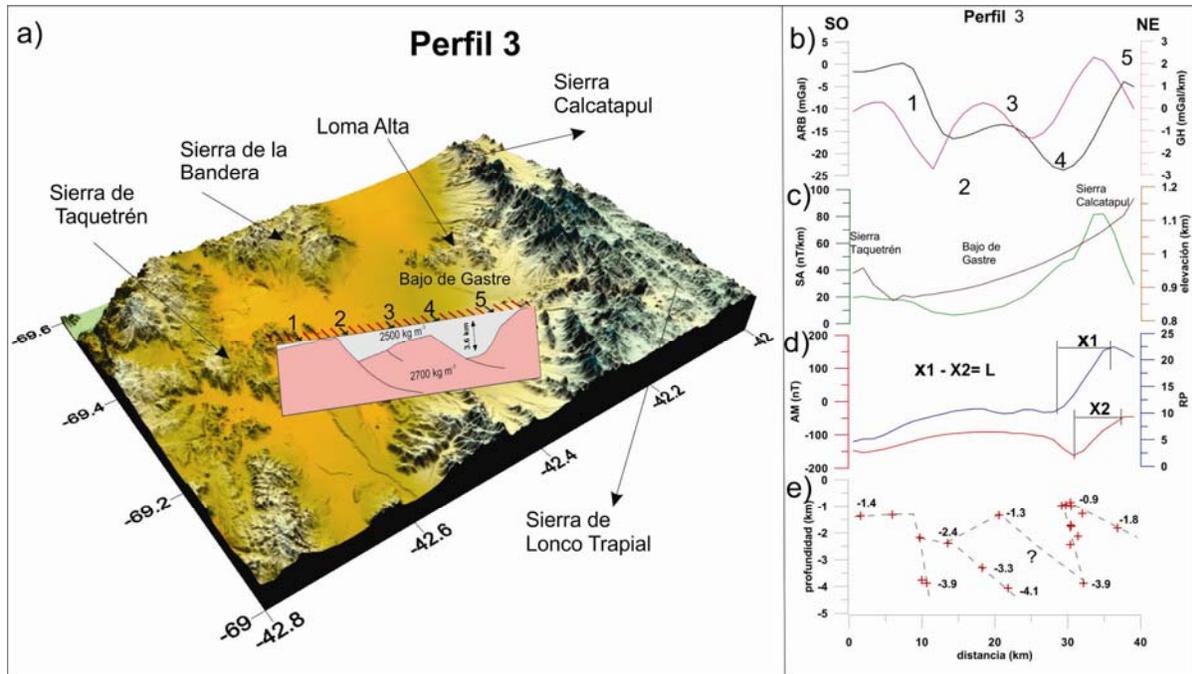


Figura 4: a) modelo de densidad superpuesto a un modelo de elevación digital, los números indican los valores máximos del gradiente horizontal de la gravedad; b) gradiente horizontal de la gravedad (magenta) vs anomalía residual de Bouguer (negro); c) topografía (marrón) vs amplitud de la señal analítica (verde); d) anomalía magnética (rojo) vs anomalía reducida al polo (azul); e) soluciones de la amplitud de la señal analítica (+).

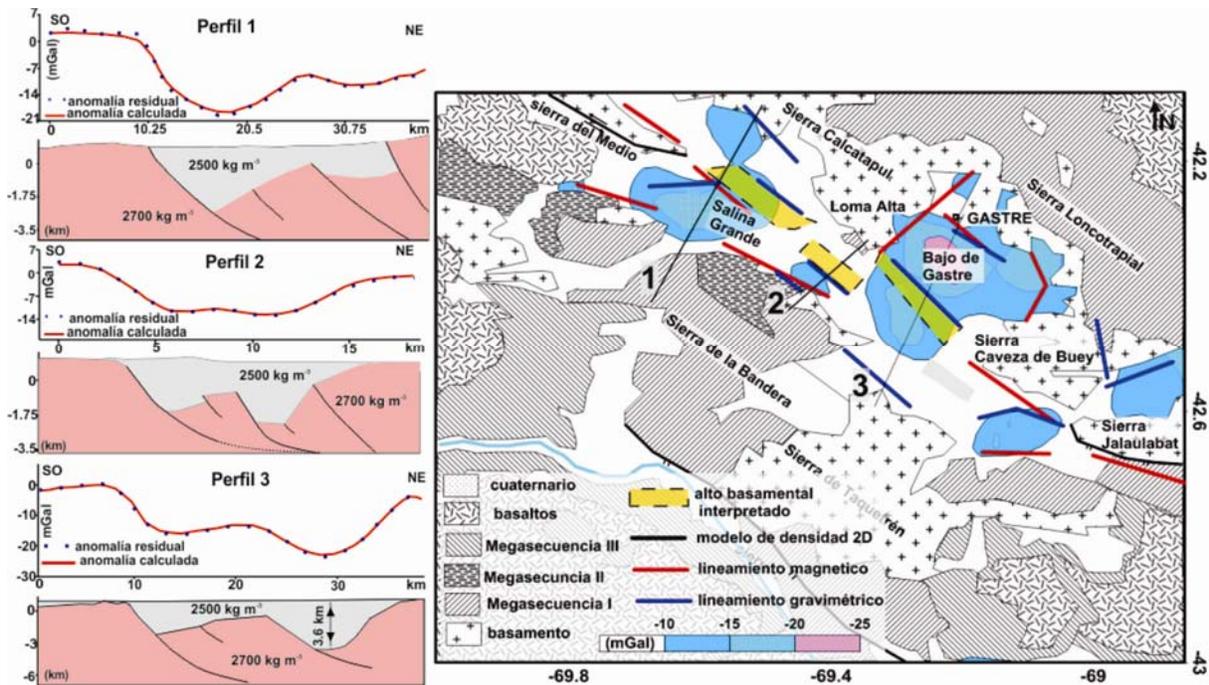


Figura 5: Izquierda modelos de densidad en tres secciones (1, 2 y 3) oblicuas a la fosa (Lince Klinger et al 2011); derecha interpretación de los lineamientos magnéticos y gravimétricos.



Análisis y Conclusión

El presente estudio gravi- magnetométrico permitió conocer la geometría basamental de la fosa de Gastre. Las anomalías magnéticas fueron vinculadas a las anomalías de gravedad utilizando la amplitud de la señal analítica. Desde la conjunción de dos métodos (gravimetría y magnetometría) interpretamos al basamento fracturado de la fosa de Gastre como una serie de bloques elevados (+) y hundidos (-). La secuencia comienza por el bloque emergente de la sierra del Medio (+) y continúa con salina Grande (-); loma Alta (+); Bajo de Gastre (-); sierra Cabeza de Buey (+) y finaliza con un bloque descendido al este de la misma. Por otra parte la señal analítica 3D derivada del magnetismo y el gradiente horizontal de la gravedad, vislumbran la existencia de un alto de basamento que se desarrolla con dirección NW-SE en el centro de la Fosa de Gastre (Figura 5). El mismo parece haber sido elevado durante el terciario producto de esfuerzos compresivos y de la reactivación de fallas antiguas. Las soluciones derivadas desde la amplitud de la señal analítica en el bajo de Gastre son consistentes con lo anteriormente expresado, encontrándose en el centro del perfil las soluciones con menor profundidad vinculadas a un basamento emergente. En tanto que la solución de mayor profundidad (3,9 km) está relacionada a un bloque hundido, estas soluciones coinciden en buena medida, con un 10 % de diferencia, con respecto al modelo de densidad construido a lo largo del mismo perfil.

Agradecimientos:

Todos los proyectos que se encuentran en este momento a cargo de los autores de este escrito: PIP CONICET, los de CICITCA (de la UNSJ), el PICT- 2007-01903 (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica) y Techint 2011, han contribuido parcialmente a la financiación de este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Blakely, R., 1995, Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press: 441 p.
- Coira, B., Nullo, E., Proserpio, C. y Ramos, V., 1975, Tectónica del basamento en la región occidental del Macizo Nordpatagónico (prov. de Río Negro y Chubut). Republica Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 30 (4): 361-383.
- Figari, E.G. y Courtade, S.F., 1993, Evolución tectosedimentaria de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. XII Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, Actas 1, 66 -77.
- Figari, E.G., 2005, Evolución Tectónica de la Cuenca Cañadón Asfalto. (Zona del valle medio del río Chubut). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 106 p.
- Lesta, P.J., 1968, Estratigrafía de la Cuenca del Golfo de San Jorge. III Jornadas Geológicas Argentinas, Buenos Aires, Actas, 1: 251-289.
- Lesta, P. y Ferello, R., 1972, Región extra andina del Chubut y norte de Santa Cruz. Leanza A.F. (ed.) Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, 601-654.
- Li, X., 2006, Understanding 3D analytic signal amplitude. *Geophysics*, 71 (2): L13-L16.
- Lince Klinger, F., 2010, Estudio gravi-magnetométrico del Macizo Norpatagónico. Tesis doctoral. Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 144 p (inédita).



Lince Klinger, F., Martinez, M.P., Gimenez, M.E., Ruiz, F., 2011, Basement geometry, from magnetic and gravity data in Gastre trough, Chubut, Argentina. 12 International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Actas CD, 2616. Rio de Janeiro. Brasil

LLambías, E. J., Llano, J. A., Rossa, N., Castro, C. E., Puidomenech, H., 1984, Petrografía de la Formación Mamil Choique en la Sierra del Medio – Departamento Cushamen – provincia del Chubut. IX Congreso Geológico Argentino , Actas 2, 554 – 567.

Nabighian, M. N., 1972, The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section — Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37, 507–517.

Rapela, W. C., Pankhurst, R. J., 1992, The granites of northern Patagonia and Gastre Fault System in relation to the break up of Gondwana, in: Storey, B.C., Alabaster, T., Pankhurst, R.J. (eds.) Magmatism and the Causes of Continental Break up. *Geological Society of London Special Publication*, 68: 209 – 220.

Roest, W.R., Verhoef, J. and Pilkington, M., 1992, Magnetic interpretation using the 3D analytic signal, *Geophysics*, 57, 116–125.

Von Gosen, W. y Loske, W., 2004, Tectonic history of the Calcatapul Formation, Chubut Province, Argentina, and the "Gastre Fault System". *Journal of South American Earth Sciences*, 18(1): 73 - 88.

Zaffarana C.B., López de Luchi M.G., Somoza R., Mercader R., Giacosa R., Martino R.D., 2010, Anisotropy of magnetic susceptibility study in two classical localities of the Gastre Fault System, central Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 30: 151-166.