

GEOMINAS

VOLUMEN 38, N° 52
AGOSTO 2010



NÚCLEO BOLÍVAR

ISSN: 0016-7975.

Depósito Legal: pp 196403BO252

Registrada en: Latindex: Folio 15333; Revencyt: RVG003;
Fonacit: Reg2006000013; Periódica; GeoRef Titles; ICSU Navigator database: UDC: 624.131.1, 549;552.08

LOCALIZACIÓN DE ZONAS DE CIZALLA Y DE CONTACTOS INTRUSIVOS EN LA SIERRA DE VELASCO (ARGENTINA), MEDIANTE ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO

INTRUDER CONTACT AND SHEAR ZONE LOCATION AT SIERRA DE VELASCO (ARGENTINA) BY GRAVIMETRIC ANALYSIS

Patricia Martínez M.¹, Mario E. Giménez², Alejandro Toselli³, Juana Rossi de Toselli⁴, F. Ruiz⁵, Antonio Introcaso⁶ e Iván Novara⁷

Recibido: 2-4-10; Aprobado: 9-7-10.

RESUMEN

Mediante la aplicación de la metodología de Deconvolución de Euler, se pueden identificar y hacer estimaciones de profundidad para una variedad de estructuras geológicas tales como fallas, contactos, diques, plutones, etc. La gran ventaja de esta técnica es que no asume ningún modelo geológico en particular, pudiendo aplicarse directamente a datos regularizados.

La aplicación de este método a la carta gravimétrica de Sierra de Velasco (con índices estructurales que variaron entre 0,5, 1 y 2) permitió obtener un conjunto de soluciones, en un rango de profundidades que van desde unos pocos metros hasta 24 km. Estas soluciones pueden aplicarse a discontinuidades litológicas de la corteza, tales como la zona de cizalla TIPA, o bien el plano de intrusivo entre el plutón San Blas con el Granito Asha. Estas discontinuidades geológicas son observadas en superficie, pero la determinación y continuación en profundidad no era posible con herramientas geológicas tradicionales.

Se identifican además, dos sistemas de fallas inversas que elevan la sierra (por el noreste y por el noroeste), que son de tipo inverso y se hacen lístricas en profundidad. Las mismas como se sabe responden a la orogenia Andina, que levantan las Sierras Pampeanas, dándole la actual configuración morfológica a la Sierra de Velasco.

Palabras clave: Carta gravimétrica, Deconvolución de Euler, Sierra de Velasco, zona de cizalla.

ABSTRACT

By means of the Euler Deconvolution methodology, they can be identified and depth estimate for a variety of geologic structures, such as faults, contacts, dikes, plutons, etc. The great advantage of this technique is that it does not assume any particular geologic pattern, being been able to apply directly to sprouted data.

The application of this method to the gravimetric chart of the Sierra de Velasco (with structural indexes that varied between 0.5, 1 and 2) it allowed to obtain a group of solutions, in a range of depths that they go from some few meters to 24 km. These solutions can be applied to the lithologic discontinuities of the crust, such as the shear TIPA area, or the intrusive contact plane between the San Blas pluton and the Asha granite. These geologic discontinuities are observed in surface, but the determination and continuation in depth it was not possible.

They are also identified, two systems of inverse faults that elevate the mountains (for the northeast and for the northwest). These faults are of upthrust type and they are made listric in depth. These faults as it is known they respond to the Andean orogeny that the Sierras Pampeanas get up, giving the current morphologic configuration to the Sierra of Velasco.

Key words: Euler deconvolution, gravimetric chart, shear zone, Sierra de Velasco.

INTRODUCCIÓN

La ubicación de zonas de cizallas, son rasgos importantes que se utilizan para marcar límites de terranes (Aceñolaza *et al.*, 1990; Dalla Salda *et al.*, 1993; Toselli *et al.*, 1996). La ubicación y datación cronológica de estas zonas, permiten su integración a un contexto geotectónico.

En el presente trabajo se tratarán las fajas miloníticas de la Sierra de Velasco, entre ellas la Faja TIPA (Tinogasta-Pitui-Antinaco), que es una faja

constituida por varias zonas de cizalla descrita por López y Toselli (2003).

Según Toselli *et al.* (1996), la zona de cizalla se formó durante la colisión entre las Sierras Pampeanas Occidentales, el Sistema de Famatina y las Sierras Pampeanas Orientales (orogenia Oclóyica), ver figura 1. Posteriormente, la zona fue reactivada durante la colisión con el terrane alóctono Chilenia (Ramos *et al.*, 1984), en el Devónico tardío o con el de Laurentia (Dalziel *et al.*,

¹Licd° Geof°, Dra. CONICET. Instituto Geofísico Sismológico Volponi (IGSV). Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan (UNSJ). e-mail: mppm@unsj-cuim.edu.ar; ²Licd° Geof°, Dr. CONICET. IGSV. e-mail: mgimenez@unsj-cuim.edu.ar; ³Dr. en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Tucumán. e-mail: ajtoselli@yahoo.com; ⁴Dra. en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Tucumán. e-mail: juanitarossi@gmail.com; ⁵Licd° Geof°, Dr. IGSV-UNSJ. e-mail: fr Ruiz@unsj-cuim.edu.ar; ⁶Dr. en Ing°. CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. e-mail: geofisic@fceia.unr.edu.ar; ⁷Doctorado en Ingeniería. Becario CONICET. Universidad Nacional de Rosario. e-mail: ivasiton@yahoo.com.ar

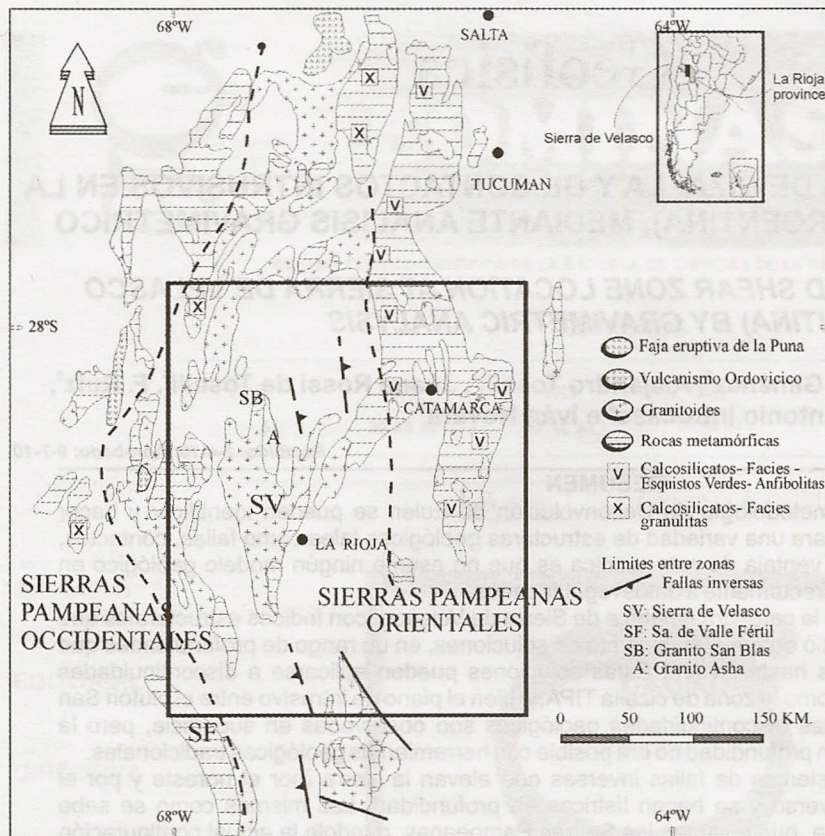


Figura 1. Ubicación geográfica y esquema geológico de la Sierra Pampeana de Velasco en la región de estudio. Extraído y modificado de López et al. (2007)

1994) durante la orogenia Chánica, aproximadamente a los 370 Ma, que corresponderían a fallas inversas, con componente de rumbo y que se supone, dada su extensión regional, que debía alcanzar bastante profundidad. Algo similar tiene lugar en el contacto del plutón San Blas, ya que se trata de un intrusivo circunscrito, originalmente subcircular, que habría ascendido por *major stopping*, lo que definiría contactos aproximadamente verticales, en otro granito de composición diferente y más antiguo, aunque también de edad carbonífera. Esta discontinuidad litológica permite el contraste gravimétrico entre ambos tipos de granitos y la determinación de las profundidades desde las cuales tiene lugar el fenómeno intrusivo. En lo que sigue analizaremos sólo la Sierra de Velasco (que pertenece a las Sierras Pampeanas Noroccidentales), a partir de la técnica de Deconvolución de Euler considerada como una técnica de interpretación semiautomática de los datos gravimétricos.

METODOLOGÍA

A partir de una base de datos gravimétricos pertenecientes al Instituto Geofísico Sismológico Volponi y al Instituto de Física de Rosario, vinculados al valor de referencia de Miguelete (Buenos Aires), en el Sistema IGSN1971, se confeccionó una carta de anomalías de Bouguer, utilizando para la corrección de aire libre el gradiente normal de 0,3086 mGal/m, y para la corrección de loza plana la densidad de 2,67 g/cm³, resultando para la corrección de Bouguer el coeficiente de -0,1119 mGal/m. Finalmente, las observaciones gravimétricas fueron reducidas topográficamente, mediante las zonas de Hayford, hasta las zonas circulares de 167 km de diámetro, utilizando el Modelo de Elevación Digital del USGS con resolución de 90 m x 90 m (<http://srtm.usgs.gov>).

A la carta de anomalías de Bouguer (Figura 2) confeccionada, se le aplicó la técnica de interpretación semiautomática de



Figura 2. Mapa de anomalías de Bouguer. ++ Ubicación de los puntos de medición. SV: Sierra de Velasco; SF: Sierra de Famatina; SAA; Sierra de Ambato y Ancasti; SB: Sierra Brava; SCH: Sierra de Chepes.

Deconvolución de Euler.

Esta técnica está basada en la ecuación de homogeneidad de Euler (ecuación 1) y adiciona un "índice estructural" (N) para producir las estimaciones de profundidad (Breiner, 1973; Thompson, 1982; Reid *et al.*, 1990). Con esta metodología se pueden identificar y hacer estimaciones de profundidad para una variedad de estructuras geológicas, tales como contactos, fallas, diques intrusivos, etc. La gran ventaja de esta técnica es que no asume ningún modelo geológico en particular, pudiendo aplicarse directamente a datos regularizados.

$$(x-x_0)\frac{\partial T}{\partial x} + (y-y_0)\frac{\partial T}{\partial y} + (z-z_0)\frac{\partial T}{\partial z} = -NT(x,y,z) \quad (1)$$

Las incógnitas son x_0 , y_0 , z_0 (ubicación del punto) y N (coeficiente estructural).

RESULTADOS

Se aplicó la Deconvolución de Euler para $N=0,5$ (contactos, fallas), $N=1$ (puntos de densidad anómalos) y $N=2$ (cuerpos bidimensionales), los resultados se pueden observar en las figuras 3 a, b, y c, respectivamente. Para el cálculo fue necesario tener en cuenta dos parámetros: el tamaño de la ventana móvil, y el índice estructural.

Para la elección del tamaño de la ventana móvil, se realizaron pruebas con diversos anchos de ventana, obteniéndose los mejores resultados para un ancho de 30 km. Valores menores a éste enfatizan inhomogeneidades locales y superficiales, por el contrario valores mayores, provocan una pérdida en la resolución de las soluciones.

El segundo parámetro (índice estructural), varía gradualmente desde 0,5 hasta 2. Las soluciones calculadas por la Deconvolución de Euler, se ubican siempre en los bordes estimados de las inhomogeneidades de las densidades.

Las profundidades de las fuentes encontradas para los índices estructurales de 0,5, 1 y 2, varían desde pocos metros hasta los 24 km de profundidad.

En la figura 3 A se puede observar que existen sobre la sierra de Velasco soluciones de Euler, que presentan fuerte coincidencia con las zonas de cizallas (fajas miloníticas), señaladas como: 1-2-3-4-5-6 y se denominan: Asha, Señor de La Punta-El Cantadero, Antinaco-Sanagasta, La Horqueta, La Puerta y Paluqui (Höckenreiner *et al.*, 2003; Lopez *et al.*, 2005; figura 1b López *et al.*, 2007, entre otros).

Si bien en la figura 3B se observan muchas soluciones que se deberían interpretar al menos con mucho cuidado, y que concuerdan con los límites de los diferentes granitos (Toselli *et al.*, 2007). También ubicamos bastante bien: a. el plutón de San Blas (Höckenreiner *et al.*, 2003; Dahlquist *et al.*, 2006) y el contacto intrusivo entre éste y el granito Asha (dos granitos de edades y composiciones diferentes en el extremo norte de la Sierra de Velasco) con profundidades que alcanzan los 12 km; b, fallamiento en el borde N-O de la sierra de Velasco (Lopez *et al.*, 2005; Martinez *et al.*, 2000), y c. se correspondería

con la falla inversa al N-E, que produce el ascenso de la Sierra de Velasco (Dahlquist *et al.*, 2006; Martinez *et al.*, 2000).

Resultados en preparación que aplican la técnica de Deconvolución de Werner en perfiles, señalan soluciones con tendencias lítricas y cuyas profundidades llegan como mínimo a los 22 km. En término generales, y para las Sierras Pampeanas, ésto concuerda con lo manifestado por Zapata y Allmendinger (1997), que encontraron zonas de debilidad a los 22 km, también con Gimenez *et al.* (2000) que determinan en un perfil de corteza con una superficie de despegue a los 22 km. Afirma también esta profundidad el reciente trabajo de Lince Klinger *et al.* (2008) en el cual se desarrollan los métodos de Deconvolución de Euler y de Señal Analítica, y ubican entre 22 y 25 km la falla lítrica que levanta la Sierra Pampeana de Valle Fértil.

En cuanto a la figura 3 C, se destacan interesantes diferencias de profundidades: 1. Granitos posttectónicos del Carbonífero inferior con menores profundidades (entre 5 y 10 km); 2. Granitos posttectónicos del Carbonífero inferior con profundidades que llegan hasta los 15 km; 3. Granito Ordovícico, Tipo S profundos (mayores de 20 km); 4. Granito Ordovícico, Tipo I, definitivamente más superficiales que los anteriores, menores que 20 km.

CONCLUSIONES

A partir de la aplicación de la Deconvolución de Euler para tres índices estructurales, a la carta de anomalías de Bouguer de la sierra de Velasco y sus alrededores, se obtuvieron paquetes de soluciones alineadas correspondientes a fuentes causantes de anomalías.

La mayoría de estas fuentes se alinean en la dirección de las zonas de cizallas ubicadas y descritas geológicamente por la presencia de fajas de rocas miloníticas. Se infieren también: un contacto intrusivo entre dos granitos (Asha y San Blas) de edades y composiciones diferentes en el extremo norte de la sierra de Velasco con profundidades que alcanzan los 12 km; fallas inversas en coincidencia con los bordes de la sierra de Velasco, relacionadas con la orogenia Andina responsable de la actual morfología de la sierra.

Luego, la aplicación del índice estructural 2, que representa cuerpos bidimensionales (en este caso diferentes cuerpos intrusivos), nos señala profundidades coherentes entre los diferentes granitos y su evolución. Estas profundidades van entre los 5 km para granitos posttectónicos del Carbonífero inferior, hasta los 20 km para los granitos ordovícicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a CONICET por haber subsidiado el presente trabajo a través del PICT-2007-01903. Al FONCYT por su aporte con el proyecto PICT 2005-R-33630, como asimismo al CICITCA-UNSJ, por el apoyo permanente a los investigadores intervinientes en este trabajo.

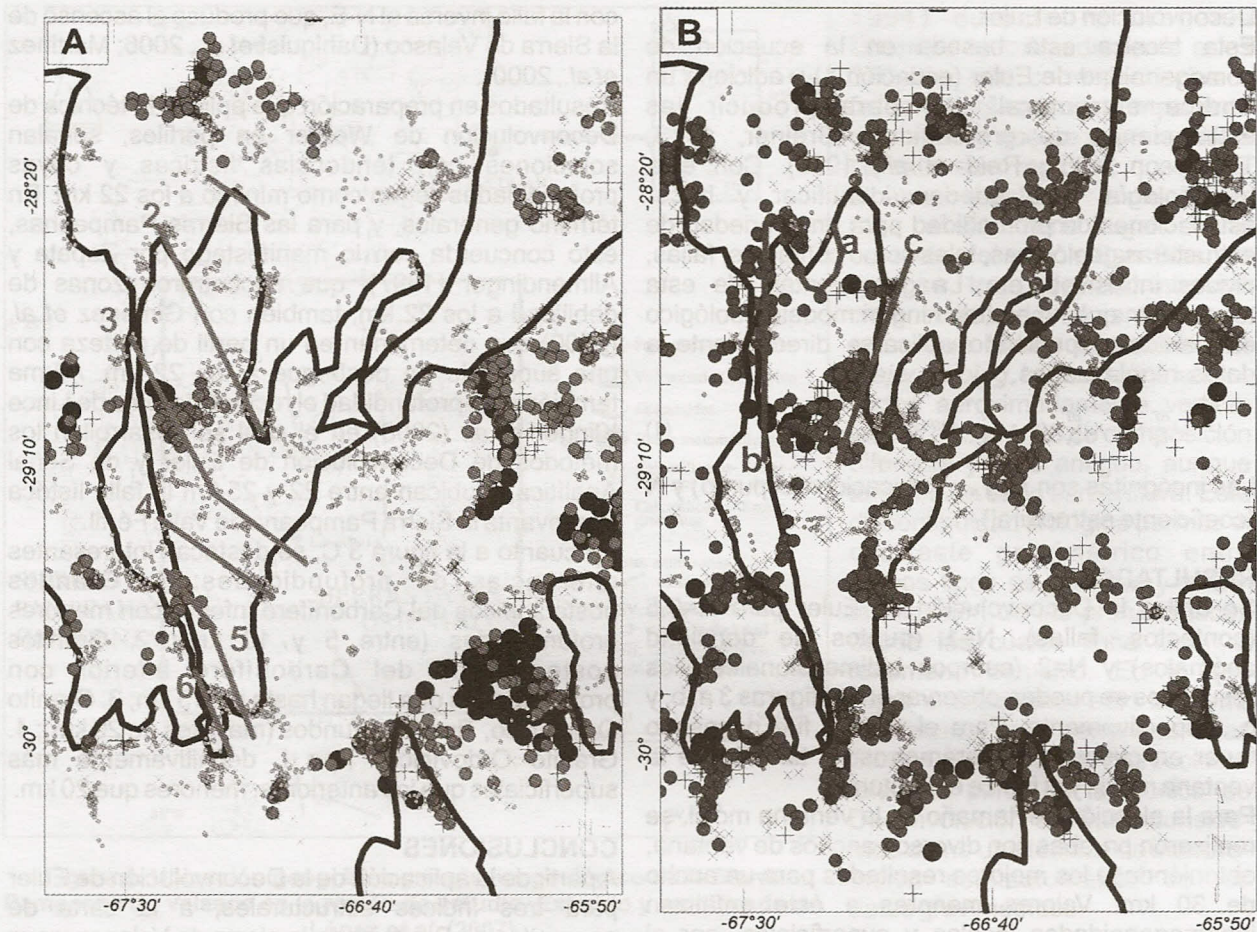


Figura 3. Aplicación del Método de Deconvolución de Euler con índices estructurales variando desde A hasta C (A: 0,5; B: 1; C: 2).

REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G., Millar, H. y Toselli, A. J. (1990). *Zonas miloníticas de sectores orientales al Sistema de Famatina, Argentina*. XI Congreso Geológico Argentino, 2: 289-292. San Juan.
- Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Rapela, C. W, Casquet, C., Fanning, C.M., Alasino, P.H. and Baez, M. (2006). The San Blas Pluton: an example of the Carboniferous plutonism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 20 (4): 341-350.
- Dalla Salda, L., Varela, R. y Cingolani, C. (1993). *Sobre la colisión Laurentia-Sudamérica y el Orógeno Famatiniano*. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 358-366. Mendoza.
- Dalziel, I., Dalla Salda, L. and Lince Klinger, F., Gimenez, M.E., Gahagan, L. (1994). Paleozoic Laurentia-Gondwana interaction and the origin of the Appalachian-Andean mountain system. *Geological Society of America Bulletin*, 106 (2): 243-252.
- Giménez, M., Martínez, M.P. and Introcaso, A. (2000). A Crustal Model based mainly on Gravity data in the Area between the Bermejo Basin and the Sierras de Valle Fértil- Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 13 (3): 275-286.
- Höckenreiner, M., Söllner, F. and Miller, H. (2003). Dating the TIPA shear zone: an Early Devonian terrane boundary between the Famatinian and Pampean systems (NW Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 45-66.
- López, J.P. y Toselli, A.J. (1993). *La faja milonítica TIPA: Faldeo oriental del Sistema de Famatina*. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 39-42. Mendoza.
- López, J.P., Rodríguez Areal, M.M., Sales, A. y Kawashita, K. (2005). Relaciones Isotópicas Sm/Nd En Rocas Graníticas y Miloníticas de Sierras Pampeanas del Noroeste Argentino. *Estudios Geológicos*, 61: 3-8.
- Martínez, M.P. e Introcaso, A. (2008). Las estructuras de la cuenca de Bermejo y sierra de Valle Fértil a partir de los métodos de deconvolución de Euler y Señal Analítica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63 (2): 281-287.

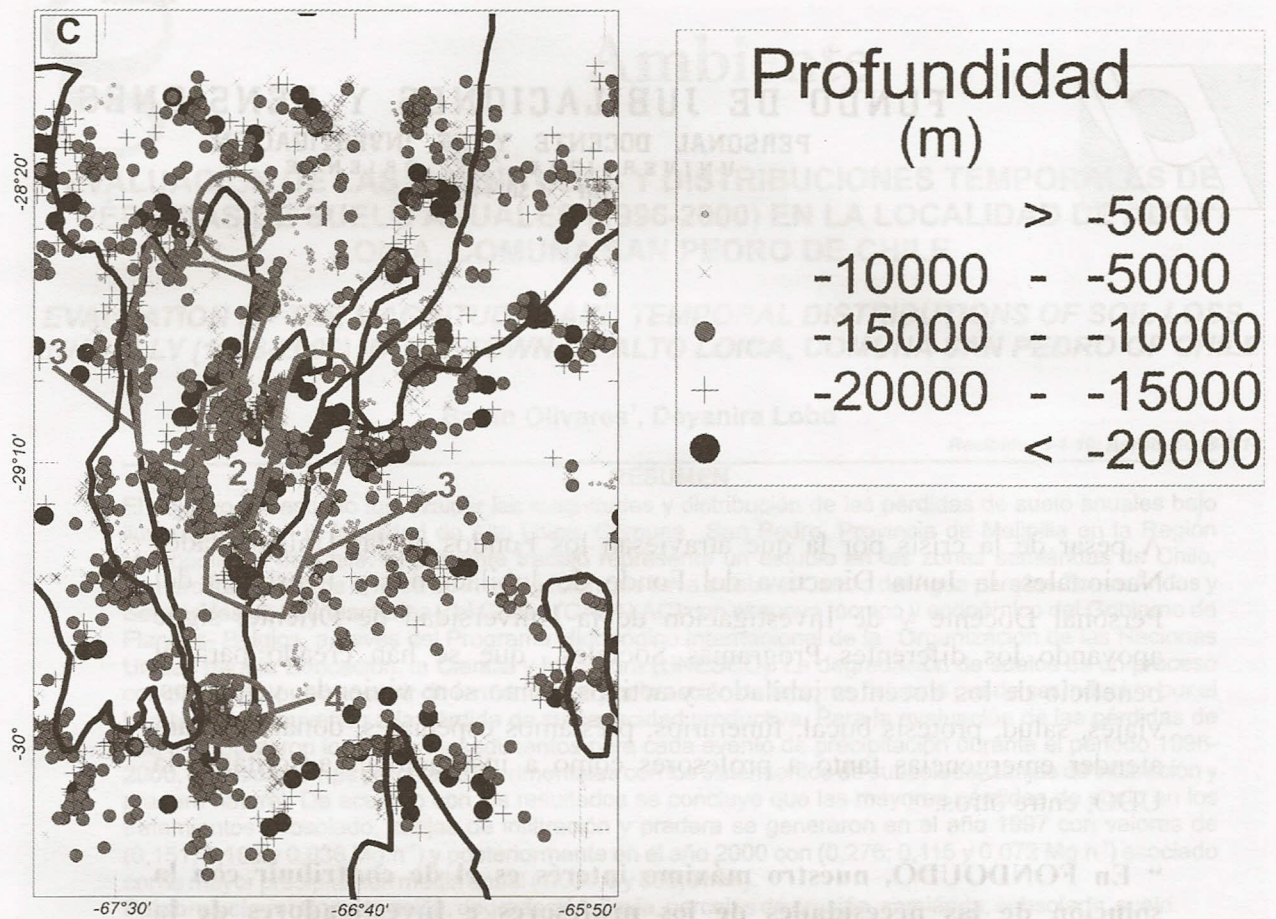


Figura 3 (Continuación)

- Martínez, M. P., Giménez, M.E. e Introcaso, A. (2000). *Tratamiento gravimétrico sobre perfiles en la Sierra de Velasco. (La Rioja- Argentina)*. I Congreso Cubano de Geofísica. La Habana. Cuba. ACTAS en CD.
- Ramos, V.A., Jordan, T., Allmendinger, R., Kay, S., Cortés, J. y Palma, M. (1984). *Chilena; un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales*. IX Congreso Geológico Argentino. 2: 84-106. Bariloche.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J. and Somerton, I.W. (1990). Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, 55: 80-91.
- Thompson, D. T. (1982). EULDPH: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, 47: 31-37.
- Toselli, A.J., Durand, F.R., Rossi de Toselli, J.N. y Saavedra, J. (1996). *Esquema de evolución geotectónica y magmática Eopaleozoica del Sistema de Famatina y sectores de Sierras Pampeanas*. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 443-462. Buenos Aires.
- López, J.P.; Grosse, P.; Toselli, A.J. (2007). Faja de Deformación La Horqueta, sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, NO de Argentina: petrografía, geoquímica, estructuras y significado tectónico. *La Horqueta Shear Zone, Sierra de Velasco, NW Argentina: petrography, geochemistry, structures and tectonic significance*. *Estudios Geológicos*, 63 (2): 5-18.
- Zapata, T.R. and Allmendinger, R.W. (1997). Evolución de la deformación del frente de corrimiento de la Precordillera, provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52(2): 115-131.