

COMBINACIÓN DE ACORTAMIENTO CORTICAL Y ADICIÓN MAGMÁTICA PARA LA GÉNESIS DEL EDIFICIO ANDINO A TRAVÉS DE DATOS GRAVIMÉTRICOS

M. P. Martínez¹, M. E. Gimenez² & J. A. Robles¹

Basándonos en datos gravimétricos y altimétricos entre las latitudes 36° y 39°S, y las longitudes 69° y 73°W aproximadamente, completamos tres perfiles que atraviesan la Cordillera de los Andes desde la costa pacífica de Chile hasta la Cordillera Principal en la Argentina. En el transcurso de este trabajo, se consideraron primero: el mecanismo de acortamiento, como único causante del levantamiento andino, y en segundo lugar, la combinación de los mecanismos de acortamiento y adición magmática para la generación del edificio andino. Se aplicaron los procedimientos gravimétricos clásicos (métodos directos, inversos, prolongación ascendente, etc); en base al volcanismo Cuaternario expuesto, se infirió la contribución magmática al levantamiento andino. Determinamos que alrededor del 5% de esta porción de corteza estaría constituida por materiales magmáticos Cuaternarios, y los acortamientos corticales para estas porciones andinas resultaron de 94 km, 44 km y 22 km para los tres perfiles estudiados (36°, 37° y 39°S) respectivamente.

Palabras clave: Acortamiento cortical; Magmatismo andino.

COMBINATION OF SHORTENING AND MAGMATIC ADDITION FOR THE GENESIS OF THE ANDEAN BUILDING AS DETERMINED FROM GRAVITY DATA – *We completed three profiles that cross the andean mountain range from the pacific coast of Chile until the Cordillera Principal in Argentina, based on gravimetric and altimetric data collected from 36° to 39°S, and 69° to 73°W approximately. In this work, it was considered first: the mechanism of shortening, as the only cause of the andean uplift, and in the second place, the combination of shortening and magmatic addition mechanisms for the generation of the andean uplift. The classical gravity interpretation procedures (direct and inverse methods, upper continuation, etc.) were applied; based on the exposed Quaternary volcanism, the magmatic contribution to the andean uplift was inferred. We determined that about 5% of this portion of the crust would be constituted by Quaternary magmatic materials, and the crust shortening for these andean portions resulted in 94 km, 44 km and 22 km for each of the three studied profiles (36°, 37° and 39°S), respectively.*

Key words: *Crustal shortening; Andean magmatism.*

¹Instituto Sismológico Ingeniero Fernando Séptimo Volponi. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Avenida Ignacio de La Roza y Meglioli. Rivadavia. C.P. 5.400. San Juan. República Argentina.

²CONICET. Rivadavia 1.917 C.P. 1.033. Buenos Aires. República Argentina.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es analizar el levantamiento andino y los mecanismos de adición magmática y acortamiento. Para ello se dispuso de tres perfiles gravimétricos que atraviesan la cordillera andina en las latitudes 36°, 37° y 39° Sur, con datos extraídos de: Introcaso (1976), Nocioni & Introcaso (1978), Dies Rodriguez & Introcaso (1986) y Dragucevic (1974). En la Fig. 1 se observa la ubicación geográfica de la zona y los itinerarios de los tres perfiles que se extienden desde el Océano Pacífico, atraviesan la Cordillera de la Costa, el Valle Central Chileno, la Cordillera de los Andes, se internan en la República Argentina y llegan hasta el Océano Atlántico.

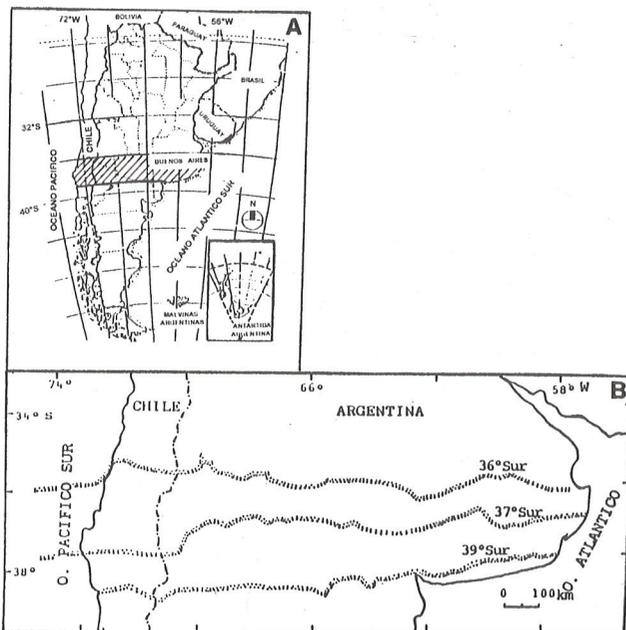


Figura 1 - A) Ubicación geográfica.
B) Itinerarios de los tres perfiles gravimétricos.

Figure 1 - A) Geographic location.
B) Itineraries of the three gravimetric profiles.

Kono et al. (1989) estudiando los Andes Centrales concluyen que un mecanismo simple no justifica el levantamiento a estas latitudes, proponiendo "acreción de materiales volcánicos como la principal causa para el engrosamiento de la corteza en los Andes Centrales, especialmente en el Altiplano y Cordillera Occidental; y acortamiento cortical debido a compresión hacia el oeste desde el Escudo Brasileiro, como el principal causante del

edificio montañoso de la Cordillera Oriental". En este trabajo analizamos: 1) acortamientos corticales, tal como lo proponen Introcaso et al. (1992); y 2) los dos procesos, adición de materiales magmáticos y acortamientos corticales, en la evolución del edificio andino.

Para 2) primero estimamos la cantidad de intrusivos para luego descontar su efecto de la anomalía de Bouguer y calcular acortamientos estructurales en corteza.

Nuestros resultados han sido obtenidos a partir de cortezas de una capa y de modelos bidimensionales.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los perfiles altimétricos se trazaron en base al método de promediación propuesto por Isacks (1988), el cual consiste en atribuirle a una estación el resultado del promedio de una ventana (móvil) de 10 km de ancho por 100 km de largo, trazada en el mapa de curvas de nivel de la región estudiada.

Los datos gravimétricos se digitalizaron cada 10 km en los tres perfiles sudamericanos que van desde la costa pacífica a la atlántica, y posteriormente para la determinación de acortamientos se los restringió a la porción correspondiente a la Cordillera Andina en secciones que resultaron de 330, 300 y 230 km (en las latitudes 36°, 37° y 39° Sur, respectivamente) desde la costa pacífica (Figs. 2, 3 y 4).

Elección de densidades

Las densidades utilizadas son las clásicas, en superficie, para la corrección de Bouguer: 2,67 g/cm³, corteza por debajo del nivel del mar: 2,9 g/cm³, manto superior: 3,3 g/cm³ (Wollard, 1969; Introcaso et al., 1992).

Sin embargo, la discusión se plantea en el momento de asignarle una densidad a las rocas volcánicas:

-Con referencia al arco volcánico Plio-Cuaternario en el sector de la provincia de Mendoza, al Sur del volcán Maule (36°10' S), predomina un volcanismo de características básicas, con basaltos y andesitas basálticas (Ramos & Nullo, 1993).

-Por otro lado Muñoz et al. (1988) analizan el volcanismo andino Plio-Cuaternario a través de los 38° y 39° de latitud Sur, indicando que las rocas del arco volcánico orogénico evidencian afinidades sub-alcálicas con altos contenido de Al₂O₃ y con olivino, augita, plagioclasa y ortopiroxeno, mientras que el volcanismo no-orogénico es basáltico alcalino cuyas rocas están constituidas por olivino, augita y plagioclasas sin inclusiones ultramáficas. Entre sus conclusiones rescatamos que las fuentes de los magmas del

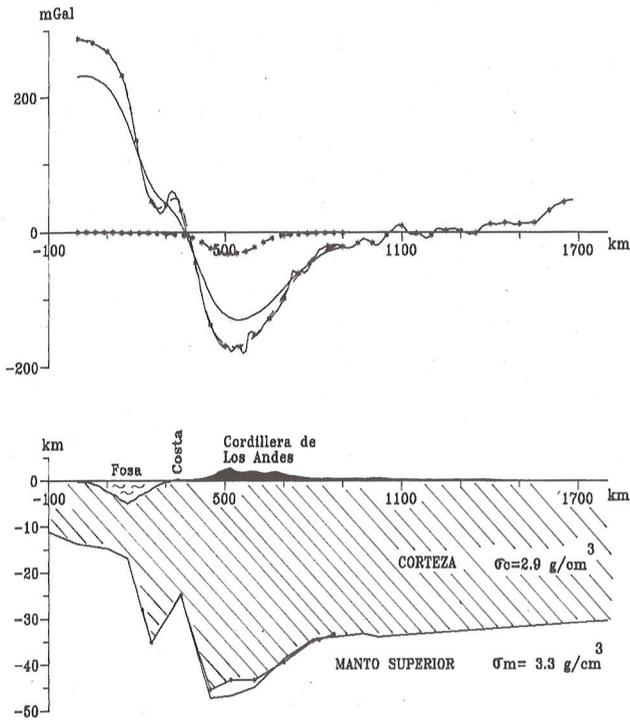


Figura 2 -

Arriba: *~* Anomalia de Bouguer observada (latitud 36° Sur).
 ~~* Efecto gravimétrico de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).
 ~ Prolongación ascendente anomalía de Bouguer (40 km).
 - - Resultado de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.

Abajo: Perfil topográfico.
 — Moho resultante de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.
 ~ Moho resultante de la inversión con descuento de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).

Figure 2 -

Above: *~* Observed Bouguer anomaly (36° South latitude).
 ~~* Gravimetric effect of magmatic materials (density 3.0 g/cm³).
 ~ Upward continuation Bouguer anomaly (40 km).
 - - Result from inversion without discount for magmatic materials.

Bellow: Topographic profile
 — Resulting Moho from inversion without discount for magmatic materials.
 ~ Resulting Moho from inversion with discount for magmatic materials (density 3.0 g/cm³)

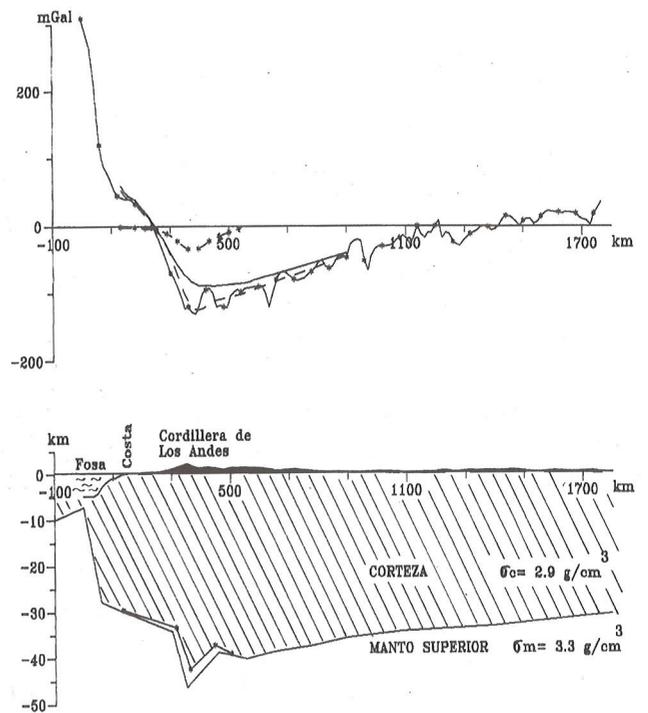


Figura 3 -

Arriba: *~* Anomalia de Bouguer observada (latitud 37° Sur).
 ~~* Efecto gravimétrico de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).
 ~ Prolongación ascendente anomalía de Bouguer (40 km).
 - - Resultado de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.

Abajo: Perfil topográfico.
 — Moho resultante de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.
 ~ Moho resultante de la inversión con descuento de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).

Figure 3 -

Above: *~* Observed Bouguer anomaly (37° South latitude).
 ~~* Gravimetric effect of magmatic materials (density 3.0 g/cm³).
 ~ Upward continuation Bouguer anomaly (40 km).
 - - Result from inversion without discount for magmatic materials.

Bellow: Topographic profile
 — Resulting Moho from inversion without discount for magmatic materials.
 ~ Resulting Moho from inversion with discount for magmatic materials (density 3.0 g/cm³)

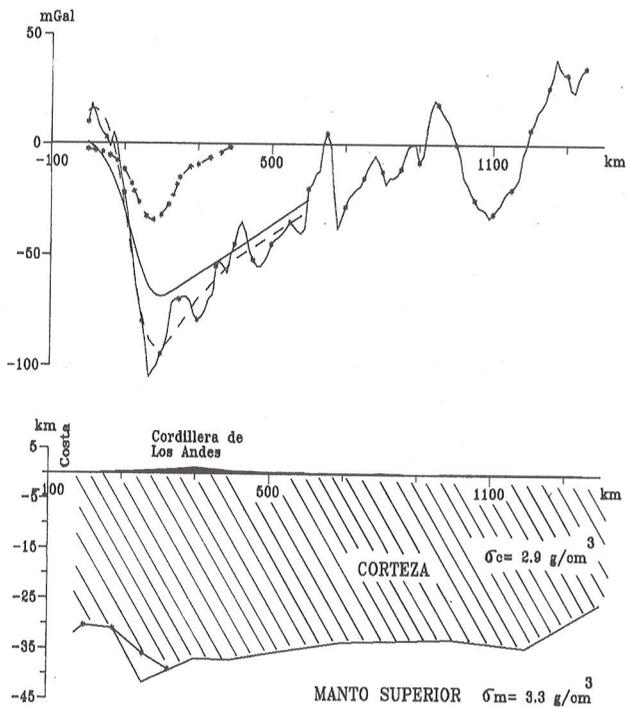


Figura 4 -

Arriba: *~* Anomalia de Bouguer observada (latitud 39° Sur).

~~* Efecto gravimétrico de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).

~ Prolongación ascendente anomalía de Bouguer (40 km).

-- Resultado de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.

Abajo:  Perfil topográfico.

— Moho resultante de la inversión sin descuento de materiales magmáticos.

~ Moho resultante de la inversión con descuento de materiales magmáticos (densidad 3,0 g/cm³).

Figure 4 -

Above: *~* Observed Bouguer anomaly (39° South latitude).

~~* Gravimetric effect of magmatic materials (density 3.0 g/cm³).

~ Upward continuation Bouguer anomaly (40 km).

-- Result from inversion without discount for magmatic materials.

Bellow:  Topographic profile

— Resulting Moho from inversion without discount for magmatic materials.

~ Resulting Moho from inversion with discount for magmatic materials (density 3.0 g/cm³)

cordón volcánico al Este del frente y de los magmas de trasarco, son isotópicamente similares a las fuentes de los magmas del frente volcánico y las composiciones más diferenciadas resultan de la cristalización fraccionada de los mismos magmas máficos parentales.

Con las referencias arriba citadas, hemos analizado la composición del volcanismo andino Plio-Cuaternario que se extiende desde los 36° hasta los 39°S, y destacamos que sus rocas están constituidas por minerales pesados (tanto intrusivas como efusivas), o sea, de características básicas. En consecuencia proponemos tentativamente dos valores alternativos: 3,2 g/cm³ y 3,0 g/cm³, para la densidad promedio de estas rocas básicas (Telford et al., 1985).

ACORTAMIENTOS ESTRUCTURALES

Para encontrar acortamientos corticales seguimos las ideas de Introcaso et al. (1992):

$$Sh = (SR + ST) / T_n \quad (1)$$

en donde: Sh= acortamiento cortical (km); ST= área topográfica (km²); SR= área de la raíz cortical (km²); T_n= espesor normal de corteza, 33 km.

Utilizando la topografía promediada y mediante suma de rectángulos se obtiene ST; SR se determinó a través del método de inversión de la anomalía de Bouguer (Pacino & Introcaso, 1987). Los cálculos computacionales se basan en el método de aproximación poligonal propuesto por Talwani et al. (1959).

Se han determinado los acortamientos corticales en la Cordillera Andina para estas latitudes (Martínez et al., 1994) a partir de altitudes de medición, sin embargo aquí se propone utilizar la topografía promediada. Las diferencias entre uno y otro caso se muestran en la Tab.1, resultando acortamientos casi coincidentes cuando se trabaja con altitudes promedio, (levemente mayores que las de medición).

ADICIÓN MAGMÁTICA

Primero evaluamos la cantidad de materiales fundidos que ascendieron y se encuentran expuestos en superficie. En Isacks (1988), según Backer & Francis (1978), se presenta una relación de intrusivos-efusivos de 10:1 para la construcción de los Andes, o sea que la mayor parte de los materiales ascendidos desde el manto superior se encuentran en corteza media e inferior.

LATITUD	Sh (km)	Sh (km)
(Sur)	(altitudes reales)	(altitudes promedio)
36°	97,32	98,69
37°	44,27	44,65
39°	19,92	23,30

Tabla 1 - Acortamientos con altitudes reales y con altitudes promedios.

Table 1 - Shortening with real altitudes and with average altitudes.

Basándonos en las investigaciones de Muñoz et al. (1988) estimamos la cantidad de volcanismo Cuaternario expuesto entre los paralelos 33°S y 44°S (Fig. 1 de ese trabajo); nuestra evaluación se realizó siguiendo el contorno de cada derrame lávico y asimilando sus perímetros a figuras poligonales horizontales. Se encontró así una cifra de 235527 km² para el área del volcanismo expuesto.

Digregorio & Uliana (1976), han informado un espesor de 150 metros para el volcanismo Plio-Cuaternario en estas latitudes, entonces completamos un volumen de 35329 km³ de materiales volcánicos en la superficie. Luego restringimos nuestro cálculo al área estudiada (entre los paralelos 36°S y 39°S), y resultó un volumen de materiales volcánicos de 12932,7 km³.

Si, la relación intrusivo-efusivo es 10:1, entonces:

$$V_i = 10 \cdot V_e; \quad (2)$$

$$V_i = 129327 \text{ km}^3;$$

siendo: V_i = materiales volcánicos intrusivos; V_e = materiales volcánicos efusivos.

Sumando los materiales expuestos y los posibles internos o enterrados tendremos: 142260 km³.

Podemos ver que estos representan un 5 % del volumen para una porción de corteza simplificada de 330 km de longitud (desde el paralelo 36° al 39° Sur) y de 33 km de espesor normal, con anchos correspondientes con las longitudes de los perfiles estudiados (330 km - 300 km y 230 km respectivamente).

Distribuimos esos materiales en el fondo de corteza considerando el modelo que resulta de la inversión de la anomalía de Bouguer. Para ello se tomo el perfil del Moho en cada latitud (ver Figs. 2, 3 y 4) y se distribuyeron los materiales intrusivos de manera que resultaran coincidentes con el 5 % de corteza en cada caso, así:

$$5 \% (36^\circ\text{S}) = 3012 \text{ km}^2;$$

$$5 \% (37^\circ\text{S}) = 1207 \text{ km}^2;$$

$$5 \% (39^\circ\text{S}) = 826 \text{ km}^2;$$

Procediendo así, la corteza engrosada que resulta luego de eliminar la intrusión obedecerá exclusivamente a acortamiento.

LATITUD	MÁXIMAS PROFUNDIDADES DEL MOHO		
	(Sur)	Acortamientos puros (km)	Acortamiento y Adición Magmática $\Delta\sigma = -0,3 \text{ g/cm}^3$ $\Delta\sigma = -0,1 \text{ g/cm}^3$
36°		47,20	45,32 44,00
37°		46,26	42,39 43,00
39°		41,85	36,00 39,50

Tabla 2 - Variaciones de las máximas profundidades del Moho.

Table 2 - Variations in maximum depth of the Moho.

LATITUD (Sur)	Sh (km)	Sh ₁ $\Delta\sigma = -0,3 \text{ g/cm}^3$	Sh ₂ $\Delta\sigma = -0,1 \text{ g/cm}^3$	Sh' = Sh * 0,95
36°	98,69	84,07	93,50	93,76
37°	46,65	33,59	43,72	44,32
39°	23,30	17,65	23,10	22,14

Tabla 3 - Acortamientos corticales para los tres perfiles.

Table 3 - Shortening for the three profiles.

ACORTAMIENTOS Y ADICIÓN MAGMÁTICA

La metodología seguida para la evaluación de los mecanismos de levantamiento propuestos es:

- calcular el efecto gravimétrico de los materiales intrusivos.
- descontar este efecto de la anomalía de Bouguer observada.
- invertir la anomalía de Bouguer resultado de (b) y determinar el perfil del Moho.

De esta manera para (a) se utilizan diferentes contrastes de densidades entre la corteza y los intrusivos, a saber: $-0,3 \text{ g/cm}^3$ y $-0,1 \text{ g/cm}^3$; correspondiendo para la corteza $2,9 \text{ g/cm}^3$ y para los intrusivos $3,2$ y 3 g/cm^3 , respectivamente, y de acuerdo al análisis de densidades hecho más arriba.

En ambos casos, determinamos el efecto gravimétrico de los intrusivos que descontamos de la anomalía de Bouguer y a ésta se le aplica el método de inversión gravimétrica para determinar el perfil del Moho, luego, los acortamientos se calculan desde (1).

En la Tab. 2 se pueden ver las variaciones sufridas de las máximas profundidades del Moho en cada perfil estudiado, antes y después de la corrección de la anomalía de Bouguer; se observa: acortamientos puros (segunda columna), adición magmática y acortamientos (con diferencia de densidad entre corteza inferior y materiales intrusivos $=-0,3$ y $-0,1 \text{ g/cm}^3$ respectivamente), en la tercera y cuarta columna.

En consecuencia se calculan los acortamientos Sh_1 y Sh_2 (Tab. 3) tomando en cuenta los nuevos contornos del Moho resultado de descontar la adición magmática.

Por otro lado, en el ítem anterior hemos determinado que el 5% de la corteza corresponde a materiales magmáticos; si ahora observamos la Ec. (1), es posible definir los nuevos acortamientos Sh' en función de los anteriores Sh , mediante:

$$Sh' = 0,95 \cdot Sh.$$

En la Tab. 3 podemos observar 5 columnas: la primera identifica cada perfil por su latitud; en la segunda se encuentran los acortamientos corticales (sin considerar la intervención de materiales magmáticos); en la tercera y la cuarta columna se han calculado los acortamientos previo descuento del efecto de los materiales magmáticos considerando contraste de densidades de $-0,3 \text{ g/cm}^3$ y $-0,1 \text{ g/cm}^3$ respectivamente; en la quinta se calcularon los acortamientos descontando el 5% de espesor cortical.

Nótese la gran similitud entre la cuarta y quinta columna; podemos decir que si bien no disponemos de datos confiables sobre la posición y la densidad de los materiales magmáticos, podemos computar el efecto gravimétrico necesario para balancear (en principio) los dos mecanismos interviniendo en el proceso del ascenso cordillerano: acreción de materiales magmáticos y acortamiento.

CONCLUSIONES

Estudiando tres perfiles gravimétricos que atraviesan la Cordillera Andina en las latitudes 36° , 37° y 39° Sur y en base al volcanismo Cuaternario expuesto, se infirió que la contribución magmática al levantamiento Andino es poco significativa.

Evaluados los acortamientos corticales obtuvimos:

- el 95% del levantamiento andino corresponde a acortamiento cortical, y
- el 5% restante corresponde a acreción de materiales magmáticos.

Los acortamientos corticales calculados, considerando estos dos mecanismos resultaron de: 94 km, 44 km y 22 km, para la porción de corteza andina en las latitudes 36°, 37° y 39°S, respectivamente.

Es importante mencionar que si bien existen varios mecanismos que pueden contribuir a justificar el levantamiento Andino, el más significativo es el de acortamiento cortical.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Antonio Introcaso por la valiosa revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

- BAKER, M. C. W. & FRANCIS, P. W. - 1978** - Upper Cenozoic volcanism in the central Andes - Ages and volumes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **41**:175-187.
- DIES RODRIGUEZ, A. & INTROCASO, A. - 1986** - Perfil Transcontinental Sudamericano en el paralelo 39° S. *Geoacta*, **13**(2):179-201.
- DIGREGORIO, J. H & ULIANA, M. A. -1976** - Cuenca Neuquina. *Geol. Reg. Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, **2**: 985-1032.
- DRAGICEVIC, M. - 1974** - Carta gravimétrica de América del Sur. *Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile*, **167**:1-11.
- INTROCASO, A. - 1976** - Modelo gravimétrico provisorio de corteza andina en el paralelo 36°S. *Geoacta*, **B**(1): 107-115.
- INTROCASO, A., PACINO, M. C. & FRAGA, H. - 1992** - Gravity, isostasy and Andean crustal shortening between latitudes 30° S and 35° S. *Tectonophysics*, **205**:31-48.
- ISACKS, B. - 1988** - Uplift of the central Andean Plateau and bending of the Bolivian Orocline. *J. Geophys. Res.*, **93**:3211-3231.
- KONO, M., FUKAO, Y. & YAMAMOTO, A. - 1989** - Mountain building in the Central Andes. *J. Geophys. Res.*, **94**: 3891-1905.
- MARTÍNEZ, M. P., GIMENEZ, M. E., INTROCASO, A. & ROBLES, J. A. - 1994** - Exceso de Espesores corticales y acortamientos Andinos en tres secciones Sudamericanas ubicadas en 36°, 37° y 39° de latitud Sur. *7° Congr. Geol. Chileno*, **1**:101-105.
- MUÑOZ, J., STERN, CH. R., BERMUDEZ, A., DELPINO, D. & DOBBS, M. C. - 1988** - El volcanismo Plió-Cuaternario a través de los 38° y 39° Sur de los Andes. *X Congr. Geol. Argentino. Proyecto 249. Granitos Fanerozoicos. Circum - Pacíficos*. 199-201.
- NOCIONI, A. & INTROCASO, A. - 1988** - Gravedad en una sección transcontinental en 37° de lat. Sur. *Geoacta*, **15**(1):53-66.
- PACINO, M. C. & INTROCASO, A. - 1987** - Regional anomaly determination using the upwards-continuation method. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, **XXIX** (114): 113-122.
- RAMOS, V. A. & NULLO, F. E. - 1993** - El Volcanismo de Arco Cenozoico. *XII Congr. Geol. Argentino y II Congr. de Exploración de Hidrocarburos. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio*, **I** (12): 149-160.
- TALWANI, M., WORZEL, J. L. & LANDISMAN, M. - 1959** - Rapid gravity computations for two dimensional bodies with application to the Mendocino Submarine Fracture zone. *J. Geophys. Res.*, **64**:49-58.
- TELFORD, W., GELDART, L., SHERIFF, R. & KEYS, D. - 1976** - *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- WOOLARD, G. P. -1969** - Regional variations in gravity. *The earth's crust and upper mantle*. Ed. Pembroke J. Hart. 320-341.

Submetido em: 01/12/94

Revisado pelo(s) autor(es): 26/07/95

Aceito em: 30/07/95

NOTAS SOBRE OS AUTORES

NOTES ABOUT THE AUTHORS

Martínez, Myriam Patricia

- Licenciada en Geofísica, egresada de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (U.N.S.J.).
- Becaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por cuatro años.

Actualmente:

- Jefe de Trabajos Prácticos. Instituto Sismológico Ing. Fernando Séptimo Volponi. Fac. de Cs. E., F. y N.-U.N.S.J.
- Cursando la carrera de Doctorado en Cs. de la Ingeniería. Universidad Nacional de Rosario.

Gimenez, Mario Ernesto

- Licenciado en Geofísica, egresado de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan.
- Becario del CONICET por dos años.
- Cosmólogo de campo, para la empresa Western Geophysical.
- Actualmente Becario de Perfeccionamiento en CONICET, con lugar de trabajo en el Instituto Sismológico Ing. F.S. Volponi. Fac. de Cs. E., F. y N.-U.N.S.J.-

Robles, Jesús Abelardo

- Ingeniero Agrimensor. Egresado de la Fac. de Ingeniería y Agrimensura. U.N.S.J.
- Ex-Director del Dpto. de Geofísica de la Fac. de Cs. E., F. y N.-U.N.S.J.-
- Ex-Director del Instituto Sismológico Ing. Fernando Séptimo Volponi (Ex. Inst. Sismológico Zonda) de la Fac. de Cs. E., F. y N. - U.N.S.J.-
- Director de varias Tesis de Licenciatura, Co-Director de Doctorandos y Director de Becarios de CONICET.

Actualmente:

- Decano de la Fac. de Cs. Exactas, Físicas y Naturales.- U.N.S.J.- (período 1992-1996)
- Profesor Titular de la cátedra de Gravimetría y Magnetometría. Dpto. de Geofísica. Fac. de Cs. E., F. y N. - U.N.S.J.-

PUBLICAÇÃO DE INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS

Para a publicação de informações sobre atividades de Geofísica em sua instituição, na seção ANÁLISES/RELATÓRIOS da Revista Brasileira de Geofísica, favor submeter cópia do artigo em papel e em disquete, contendo títulos e resumos em português ou espanhol, e em inglês. O artigo não poderá ultrapassar quatro páginas da Revista, incluindo ilustrações e referências.