

SERIE
CONTRIBUCIONES
TECNICAS

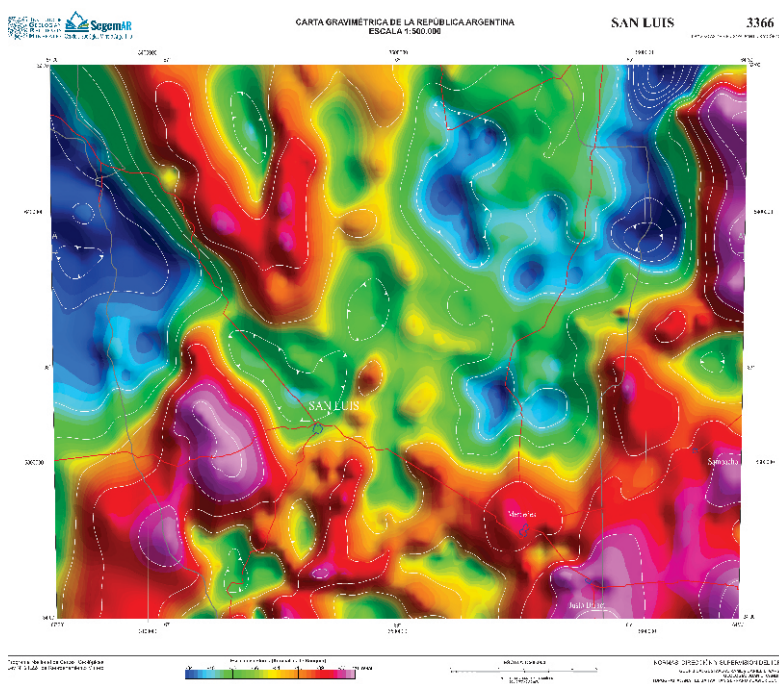
Geofísica

16



*Carta Gravimétrica
3366 - SAN LUIS
(escala 1:500.000).
Interpretación de una sección
gravimétrica a los 32°42'LS*

Gustavo A. Ramé
Daniel E. Vargas
Juan C. Candiani
Elio E. Barat
José J. Benitez
Ana Felisa Tavitián Serrano



Córdoba, Junio de 2019

Contenido

<u>INTRODUCCIÓN</u>	2
<u>METODOLOGÍA</u>	3
<u>Planialtimetría de las estaciones</u>	3
<u>Relevamiento de la gravedad observada $g_{(obs)}$</u>	4
<u>Regularización de los datos</u>	5
<u>INTERPRETACIÓN DE UNA SECCIÓN GRAVIMÉTRICA A LOS 32°42' LS (Perfil A-A')</u>	9
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS EN EL TEXTO</u>	11

INTRODUCCIÓN

Bajo el programa de Cartas Gravimétricas de la República Argentina, presentamos la Carta gravimétrica 3366 – San Luis a escala 1:500.000. La carta está localizada en el ámbito de la Sierra de Pampeanas Orientales abarcando la Sierra de Comechingones al este, la Sierra Grande de San Luis en la parte central, y la Sierra de las Quijadas al oeste. Contiene además la Sierra del Morro siendo esta la máxima elevación de la zona (2790 m snm), ver [figura 1](#), localización. Todas estas serranías están rodeadas de valles y planicies compuestas en su mayoría por sedimentos del Cuaternario. La información gravimétrica de base fue obtenida a través de un convenio entre el SEGEMAR y el IGN (Instituto Geográfico Nacional). Ésta consiste en líneas gravimétricas medidas a lo largo de rutas nacionales y provinciales con equidistancia de aproximadamente 3 a 5 km y que forman parte de la denominada Red Gravimétrica de Segundo Orden (RSO). Estas líneas confluyen en puntos denominados nodales y que pertenecen a la Red de Primer Orden (RPO). A partir de la identificación de estos puntos hemos trasladado la gravedad en forma areal a todo el ámbito de la carta utilizando las rutas nacionales, provinciales y la red de caminos rurales de la región. En algunos casos, estos habrían sido cerrados o clausurados por lo que fue necesario pedir autorización a los propietarios de campos para poder ingresar a medir.



Figura 1: Mapa de ubicación y situación relativa de la carta.

METODOLOGÍA

El relevamiento gravimétrico y planialtimétrico se completó con un total de observaciones realizadas en 1191 estaciones distribuidas en el área de la carta con equidistancia entre 5 y 8 km. Para su localización se utilizó la red de rutas nacionales, provinciales y caminos rurales disponible en la zona. En aquellas estaciones ubicadas dentro de propiedad privada se solicitaron los permisos necesarios para poder realizar las mediciones. A través del convenio con el Instituto Geográfico Nacional (IGN) fueron incorporadas además 858 estaciones de la red gravimétrica de segundo orden del IGN (RSO) existentes en la zona y los nodales 120, 124, 136, 137 y 139 de la red de primer orden (RPO). En total la carta cuenta con 2054 estaciones gravimétricas ([figura 2](#)).

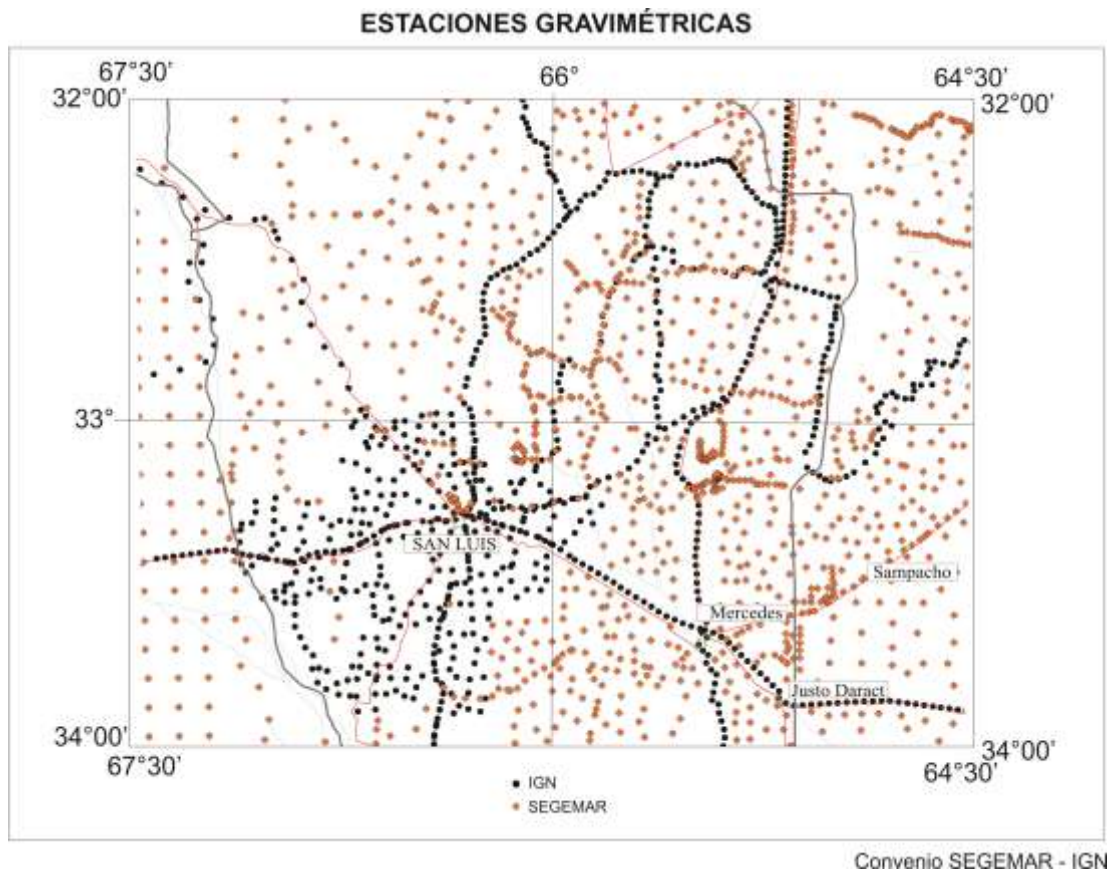


Figura 2: Distribución de estaciones gravimétricas.

Planialtimetría de las estaciones gravimétricas

La posición de las estaciones se realizó utilizando un GPS TRIMBLE PRO-XRT de doble frecuencia (L1,L2) propiedad del SEGEMAR. La técnica de relevamiento usada fue GPS diferencial (método

estático rápido). Este método consistió en medir en cada estación de observación la posición por un período que osciló entre 2 y 4 minutos. Posteriormente estos datos fueron procesados mediante el software Pathfinder (V4.20) de TRIMBLE con la finalidad de efectuar la corrección diferencial utilizando los datos de las bases permanentes de la red RAMSAC del IGN (bases Córdoba, San Luis) y una base de la red SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center de la Universidad de California) ubicada en Falda del Carmen, provincia de Córdoba y cuya finalidad fue obtener resultados con precisiones en la planimetría de 0,3 m y en la altura inferiores a 0,6 m. El error planimétrico no introduce errores en el cálculo de las anomalías gravimétricas, mientras que el error altimétrico se traslada al cálculo de las mismas según la relación $0.3086 \cdot h$ para las anomalías de Aire libre y $0.1118 \cdot h$ para las anomalías de Bouguer, por lo que el error máximo observado fue de 0.22 mGal siendo el error medio de 0.12 mGal.

Relevamiento de la gravedad observada $g_{(obs)}$

La $g_{(obs)}$ se obtuvo mediante un gravímetro de mediciones relativas marca SODIN 200T perteneciente al SEGEMAR y cuya precisión es al centésimo de mGal.

La metodología para el cálculo de la $g_{(obs)}$ consistió en trasladar el valor gravedad a partir de estaciones con valor conocido (nodales y puntos fijos del IGN) a las estaciones de medición mediante incrementos de los valores relativos. Se utilizó el método de lectura en circuitos, con puntos de arranque y cierre, a fin de corregir la deriva instrumental. En cada estación de medición se efectuaron 3 lecturas instrumentales tomando como regla que la diferencia entre las mismas no superara las 0,5 divisiones y así obtener un valor promediado más confiable. Con esta metodología el error máximo obtenido debido a la lectura instrumental, sumado al error de posicionamiento, fue inferior a 0,25 mGal.

Los valores de gravedad se vincularon con la estación fundamental de Miguelete (Buenos Aires), en el Sistema IGSN 1971 (979690,03 mGal). El cálculo de anomalías gravimétricas se efectuó según las expresiones clásicas:

$$AAL = g_{(obs)} - (g_0 - CAL), (1)$$

$$AB = g_{(obs)} - (g_0 - CAL + CB), (2)$$

donde:

AAL: Anomalía de aire libre,

AB: Anomalía de Bouguer,

$g_{(obs)}$: Gravedad Observada (Sistema IGSN, 1971)

g_0 : Gravedad Teórica Normal para el Elipsoide de 1967 o prácticamente de 1971, cuya expresión es:

$$g_0 \text{ [mGal]} = 978031,85 (1 + 0,0053024 \text{ sen}^2 y - 0,0000058 \text{ sen}^2 2y), (3)$$

CAL: Corrección de Aire Libre,

CB: Corrección de Bouguer,

Para la Corrección de Aire Libre se adoptó la expresión propuesta por [Swick \(1942\)](#), válida para zonas llanas y elevadas, asimilando a la Tierra a un elipsoide:

$$\text{CAL} = (0,3085 + 0,00022 \cdot \cos^2 y) \cdot h - 0,072 \cdot (h/1000)^2 = 0,3086 \cdot h (4). \text{ Para la corrección de Bouguer se asumió como es usual la densidad de la topografía igual a } 2,67 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{CB} = 0,1118 \cdot h (5)$$

En (4) y (5): h es la altura ortométrica o cota de la estación y en (3) y (4), " y " es su latitud.

Regularización de los datos

A partir de una distribución irregular de estaciones se puede llegar por distintos métodos de interpolación a un nuevo conjunto de datos distribuidos en una grilla regular. Para lograr resultados confiables nuestra base de datos originales debe contar con un gran número de elementos arealmente distribuidos. Los resultados obtenidos pueden ser representados mediante un modelo o grilla digital. La precisión y calidad de éstos dependerá entonces de dos tipos de parámetros: Los primeros son relativos a los métodos de adquisición de datos (densidad, distribución y precisión de las mediciones) y los segundos son aquellos que se refieren al procesamiento de los datos tales como el software y el método de interpolación utilizados.

El intervalo de grilla debe estar acorde a la distribución de los datos originales. Una grilla con menor cantidad de puntos puede desechar información valiosa y no ser representativa de los datos observados. Del mismo modo, una grilla con excesiva cantidad de puntos introduce nuevos valores por interpolación que pueden no representar a los datos verdaderos.

Las dimensiones de nuestro recuadro son: 2° de latitud por 3° de longitud (280 km según X por 222 km según Y) totalizando una superficie de aproximadamente 62.160 km². La base de datos disponible es de 2054 estaciones gravimétricas lo que representa un promedio de 3,3 puntos cada 100 km².

Las cartas de gravedad se confeccionaron regularizando la red de observaciones mediante el software “Oasis Montaj” de Geosoft. El método de interpolación aplicado fue el de mínima curvatura, de uso frecuente en el tratamiento de campos potenciales con muestreo irregularmente distribuido (Briggs, 1974). De esta manera se generaron grillas de 5 x 5 km en un recuadro comprendido entre los límites de la hoja (latitudes 32° y 34°S y longitudes 64°30’ y 67° 30’W). El error medio entre los valores observados y el valor de grilla obtenido es de +/- 0.2 mGal.

Las grillas fueron representadas gráficamente a través de cartas de anomalías de Bouguer (AB, escala 1:500.000, [figura 3](#)); de Aire libre (AL) y topográfica (escala 1:2.500.000 [figuras 4 y 5](#)).

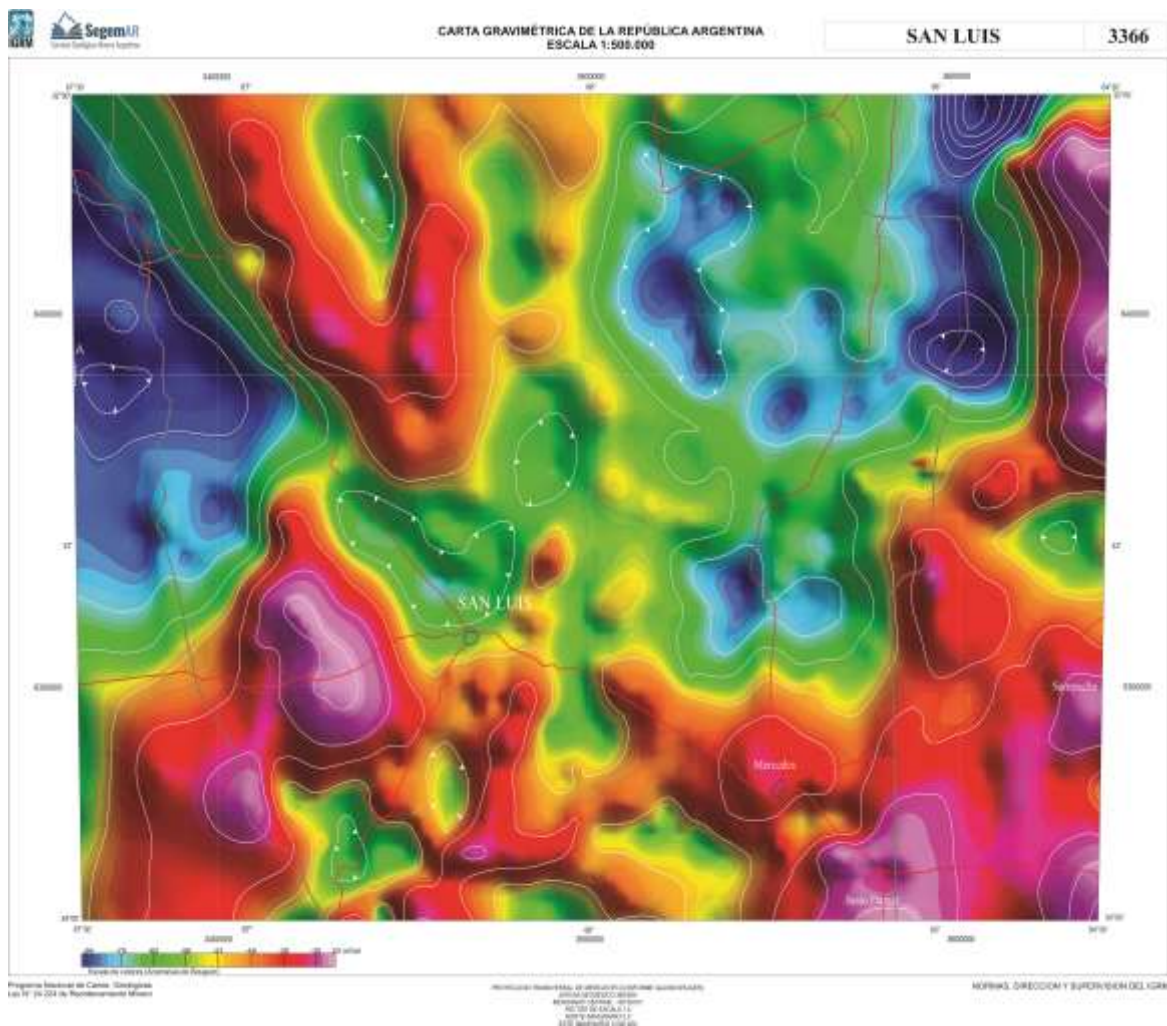


Figura 3: Carta de Anomalías de Bouguer

A partir de las Cartas Geológicas 3366-I San Francisco del Monte de Oro; 3366-II Santa Rosa; 3366-III San Luis y 3366-IV Villa Mercedes (escala 1:250.000) se integró la información y se

confeccionó el mapa geológico a escala 1:500.000 y cuya representación gráfica en la carta gravimétrica es a escala 1:2.500.000, [figura 6](#). Para completar los mapas de generó un mosaico de imágenes Sentinel 2 (Agencia Espacial Europea, ESA) utilizando las bandas 12, 4 y 2 del espectro para crear una imagen (RGB) que resalte los rasgos geológicos ([figura 7](#))

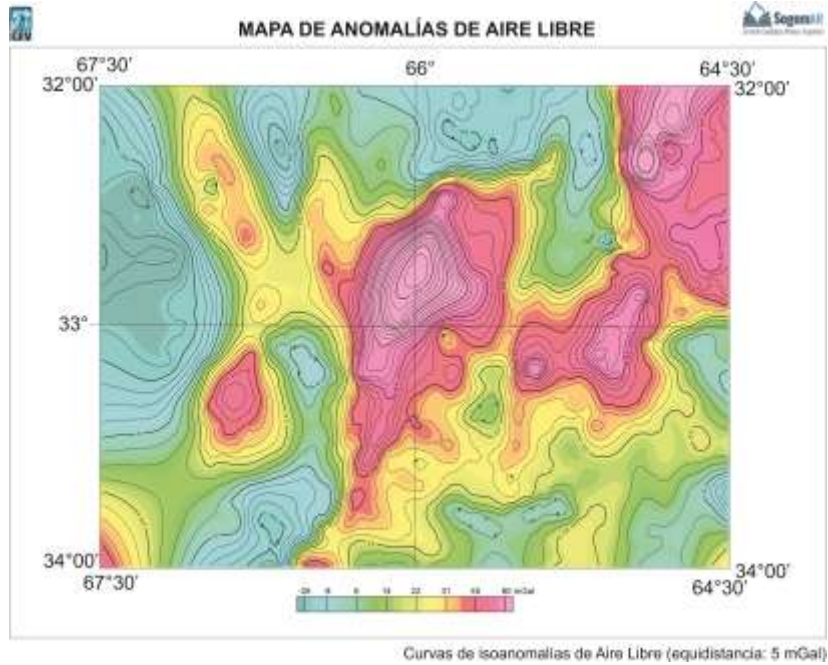


Figura 4: Mapa de anomalías de Aire Libre.

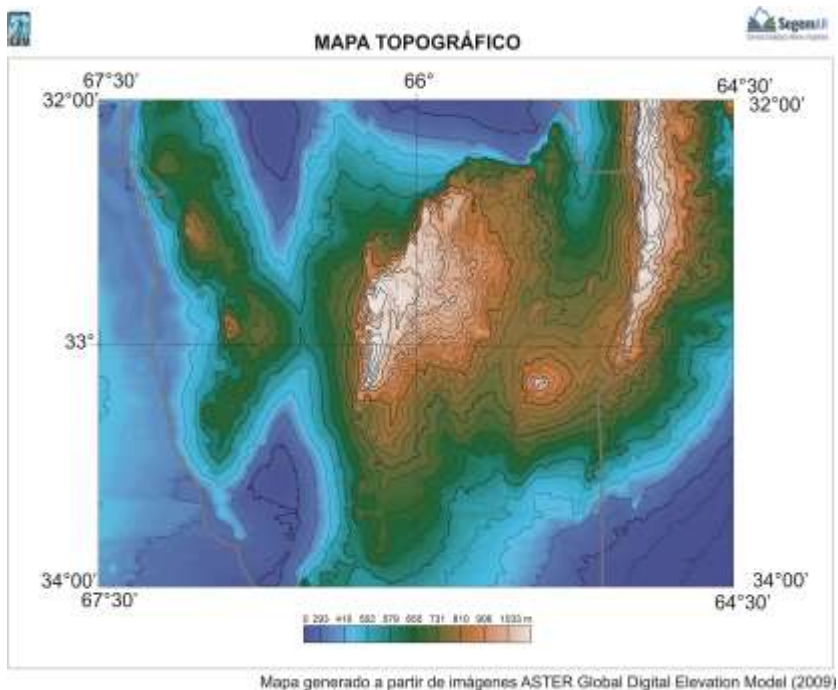
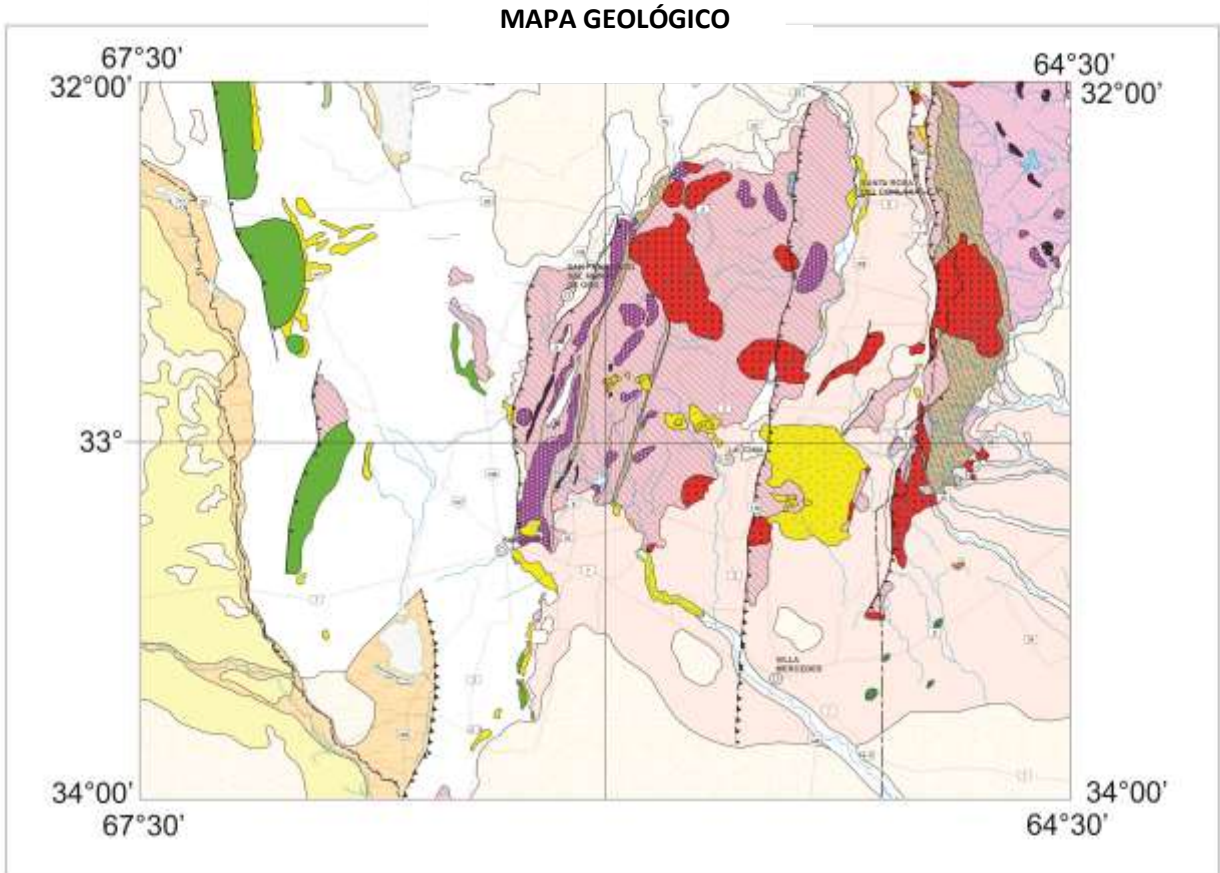


Figura 5: Mapa topográfico a partir del MDE de imágenes ASTER (2009)



Cartografía del mapa a escala 1:500.000 – Representación gráfica a escala 1:2.500.000

Referencias

<p>Cuaternario</p> <ul style="list-style-type: none"> Dep. fluviales Dep. eólicos Dep. evaporíticos Dep. lacustres Dep. planicies fluviales Dep. aluviales aluviales Dep. loésicos 	<p>Neógeno</p> <ul style="list-style-type: none"> Sedimentitas continentales Dep. piroclásticos Vulcanitas <p>Cretácico</p> <ul style="list-style-type: none"> Basaltos Sedimentitas continentales 	<p>Paleozoico superior</p> <ul style="list-style-type: none"> Paganzo 2 Paganzo 1 <p>Devónico - Carbonífero inferior</p> <ul style="list-style-type: none"> Granitos achilianos <p>Ordovícico</p> <ul style="list-style-type: none"> Zonas de cizalla Granitoides famatinianos 	<p>Neoproterozoico superior</p> <ul style="list-style-type: none"> Rocas ultramáficas Gabros Filitas famatinianas Complejos metamórficos famatinianos Complejos metamórficos pampeanos 	<ul style="list-style-type: none"> Corrimiento Corrimiento cubierto Contacto
--	---	--	--	---

Figura 6: Mapa Geológico de la Carta 3366 – SAN LUIS

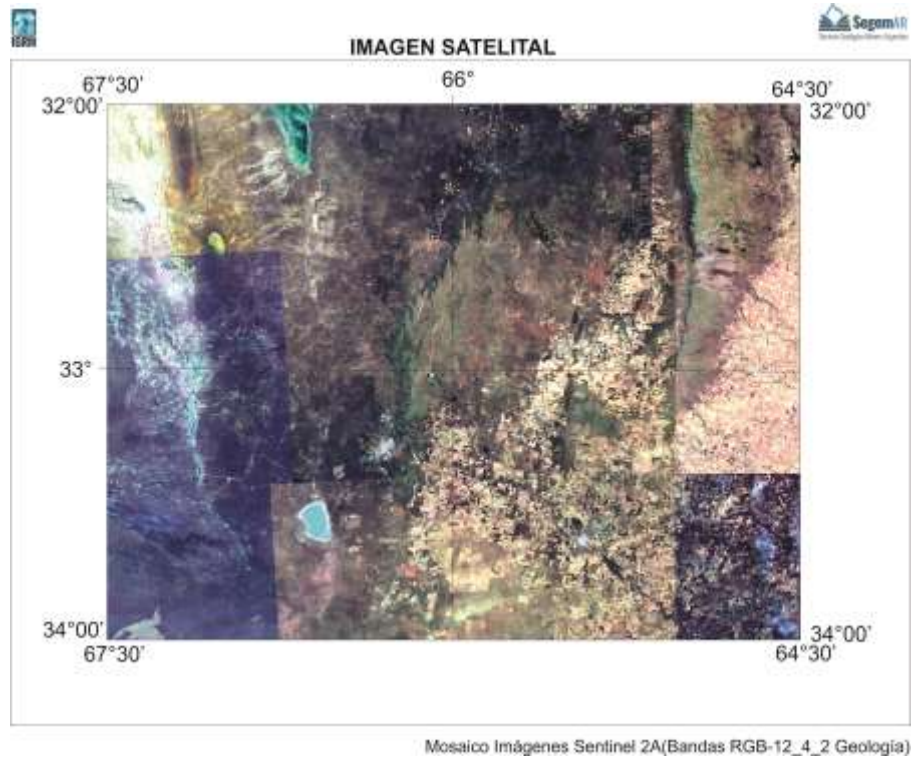


Figura 7: Mosaico de imágenes Sentinel 2 (ESA) Bandas 12-4-2 (RGB) Geología.

INTERPRETACIÓN DE UNA SECCIÓN GRAVIMÉTRICA A LOS 32°42' LS (Perfil A-A')

Partiendo de la grilla de anomalías de Bouguer se construyó el perfil A-A' aproximadamente a los 32°42' LS. Con la finalidad de filtrar las anomalías de larga longitud de onda causadas por efectos de corteza profunda se utilizó el método de Prolongación Ascendente para separar anomalías regionales y residuales. Se eligió una altura de prolongación de 20 km y se obtuvo la residual que luego fue modelada hasta los 7 km de profundidad para interpretar con más detalle las posibles masas sub-superficiales causantes de anomalías estableciendo una correlación con los rasgos geológicos y geofísicos descritos en las publicaciones que preceden a este trabajo ([figura 8](#)). Para la confección del perfil y el modelado geofísico de corteza superior se utilizaron los programas Oasis Montaj de Geosoft y Model Vision de ENCOM. En la sección gravimétrica (Anomalías de Bouguer residual) se observan gradientes de gravedad que sugieren variación lateral de densidades interpretada como zonas de la corteza dominadas por distintas litologías con características físicas también diferentes. El basamento del área está constituido por una secuencia de complejos ígneo-metamórficos de distinto grado y edades que van desde el Proterozoico al Ordovícico con intrusiones de granitoides entre el Carbonífero y Devónico que le confieren a la zona cierta heterogeneidad en los parámetros físicos

detectables mediante el método gravimétrico. Estas rocas aflorantes mayormente en el ámbito de la Sierra de Comechingones al este y Sierra Grande de San Luis al oeste, constituyen el sustrato de secuencias sedimentarias terciarias y cuaternarias y volcánicas de edad terciaria. El sector oriental del perfil se inicia con un gradiente descendente relacionado con el contacto tectónico entre las metamorfitas del complejo Monte Guazu al este y el complejo metamórfico Conlara al oeste. El contacto tectónico es a través de la cizalla Guamanes-Tres Arboles ([Martino 1993](#); [Simpson et al., 2003](#)). Parte de este gradiente responde a la presencia de granitoides de menor densidad en la Sierra de Comechingones y a la reactivación de fallas inversas producto de la tectónica cenozoica ([Ramé y Miró, 2011](#)). Hacia el oeste las anomalías de Bouguer comienzan un ascenso con interrupciones que fueron interpretados como zonas de cizalla menores que ponen en contacto a los distintos complejos metamórficos reconocidos en el ámbito de la Sierra Grande de San Luis. A partir del flanco occidental de esta serranía y hacia el oeste se observa otra zona de gradiente descendente cuyo punto de inflexión se encuentra a la longitud del Río Desaguadero, esto se interpretó como una zona de sutura inferida y ubicada debajo de los sedimentos de la cuenca de Beazley que pone en contacto al basamento de la Cuenca de Beazley al este y el bloque Cuyania ([Ramos et al., 2002](#)) al oeste. A lo largo del perfil se observan anomalías residuales positivas y negativas de tercer orden que estarían relacionadas con la presencia de rocas de alta y baja densidad respectivamente con profundidades someras que no superan los 4 o 5 km.

Las profundidades de masas causantes de anomalías se obtuvieron aplicando el método del espectro de potencia determinando diversas fuentes de anomalías con profundidades que varían entre 2.000 y 5.000 metros, y otra alrededor de los 8.000 metros. El primer rango de profundidades estaría relacionado con las heterogeneidades producto de intrusiones magmáticas de menor densidad en los complejos metamórficos relativamente más densos; a efectos del relleno sedimentario de los valles intermontanos y de la cuenca de Beazley al oeste además de la reactivación de fallas inversas como consecuencia de la tectónica cenozoica. El segundo grupo de profundidades se correlacionaría con las variaciones de densidades de los distintos complejos metamórficos descriptos e interpretados desde la geología y la geofísica por diferentes autores ([Stenkeen et al., 2005](#); [Bjerg et al., 1996](#); [Brodtkorb et al., 1981](#); [Brogioni et al., 1994](#); [Criado Roque et al. 1981](#); [Kostadinoff et al., 2004](#); [Ortiz Suarez et al., 2012](#); [Sato et al., 2003](#); [Sims et al., 1997-1998](#); entre otros) y a los efectos de la tectónica andina en la base de la corteza superior.



Figura 8: Interpretación de una sección gravimétrica a los 32° 42'LS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS EN EL TEXTO

- Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Stump, E.F. y Hauzenberger, Ch.A. 1996. La faja de rocas ultramáficas de las Sierras de San Luis: nuevos hallazgos de minerales del grupo del platino. III Jornadas de Mineralogía y Petrología y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas, La Plata, Actas 5: 303-310.
- Briggs, I.C., 1974. Machine counturing using Minimun Curvature. Geophysics, Volº39 Nº1, pp:39-48.
- Brodtkorb, M.K. y Ametrano, S. 1981. Estudio mineralógico de la Mina Los Cóndores. Provincia de San Luis. VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis, Actas 4: 259-271.
- Brogioni, N. y Ribot, A. 1994. Petrología de los cuerpos de La Melada y La Gruta, faja máfica y ultramáficas del borde oriental de la sierra de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 49: 269-283.
- Criado Roque, P., Mombrú y Ramos, V. 1981. Estructura e interpretación tectónica. En: Yrigoyen M. (Ed.), Geología y recursos minerales de la provincia de San Luis, Relatorio del VIII Congreso Geológico Argentino: 151-192.
- Ortiz Suarez, A., Morosini, A., Ulacco, H. y Carugno Durán A., 2012. Geología y geofísica del cuerpo máfico-ultramáfico Las Cañas, Provincia de San Luis. Serie Correlación Geológica, 28 (2): 151-166. Tucumán, ISSN 1514-4186 - ISSN en línea 1666-9479.

- Kostadinoff, J. , Bjerg, E., Mogessie, A., Raniolo, L., Alvarez, G. y Santiago, E., 2004. Prospección geofísica del yacimiento Las Águilas, provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 59. 121-128.
- Martino, R., 1993. La faja de deformación Guamanes; petrografía, estructura interna y significado tectónico. Sierra Grande de Córdoba, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 48 (1); 21-32.
- Ramé, G. A. y Miró. R.C., 2011. Modelo geofísico de contacto entre el Orógeno Pampeano y el Cratón del Río de La Plata en las provincias de Córdoba y Santiago del Estero. Serie Correlación Geológica, 27 (2): 108-120. Tucumán.
- Ramos, V.A., Cristallini, E.O., Perez, D.J., 2002, The Pampean flat–slab of the Central Andes: Journal of South American Earth Sciences, 15(1), 59–78
- Sato, A., González, P. y Llambías, E. 2003. Evolución del orógeno Famatiniano en la Sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfismo de bajo a alto grado. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 58: 487-504
- Sims, J., Stuart-Smith, P., Lyons, P. y Skirrow, R. 1997. 1:250.000 Scale Geological and Metallogenic Maps. Sierras de San Luis and Comechingones, Provinces of San Luis and Córdoba. Final report. Geoscientific Mapping of the Sierras Pampeanas Argentine-Australia Cooperative Project. Australian Geological Survey Organization. SEGEMAR. 123 pp.
- Sims, J., Ireland, T., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P., Skirrow, R., Stuart-Smith, P., y Miró, R. 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (Eds), The ProtoAndean Margin of Gondwana. Geological Society of London, Special Publications, 142: 259-281.
- Simpson, C., Law, R. D., Gromet, L. P., Miró, R.C., and Northrup, C. J. 2003. Paleozoic deformation in the Sierras de Cordoba and Sierra de Las Minas, eastern Sierras Pampeanas, Argentina. Journal of South American Earth Sciences v. 15:749-764.
- Steenken, A., López de Luchi, M.G., Martino, R.D., Siegesmund, S. y Wemmer, K. 2005. SHRIMP dating of the El Peñón granite: a time marker at the turningpoint between the Pampean and Famatinian cycles within the Conlara Metamorphic Complex (Sierra de San Luis, Argentina). XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, Actas 1: 889-896.
- Swick, C. H., 1942. Pendulum gravity measurements and isostatics reductions. U. S. Coast and Geodetic Survey. Special Publications N° 232.