

Gravimetría y magnetimetría en la provincia de Corrientes

Javier Ignacio Peroni¹, Gustavo Ramé¹, Javier Benítez¹, José Bedmar¹, Nicolás Moyano²

¹ Servicio Geológico Minero Argentino; e-mail: javier.peroni@segemar.gov.ar, gustavo.rame@segemar.gov.ar, javier.benitez@segemar.gov.ar, jose.bedmar@segemar.gov.ar

² Secretaría de Energía de la provincia de Corrientes; e-mail: nmoyano@corrientes.gob.ar

En el marco del acuerdo de Cooperación firmado entre el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y la Secretaría de Energía de la provincia de Corrientes se realizaron una serie de campañas geofísicas con el fin de contribuir con el conocimiento geológico de superficie y del subsuelo de la provincia de Corrientes. Los métodos geofísicos son ampliamente utilizados en geología como una herramienta esencial para explorar y comprender las características del subsuelo. Estos métodos permiten a los geólogos interpretar qué hay debajo de la superficie terrestre sin la necesidad de realizar perforaciones, lo cual resulta en una manera eficiente y menos invasiva de estudiar la composición y estructura del subsuelo (ver [Vázquez Lucero y Prezzi, 2021. Temas BGNOA, vol. 11, n°2](#); y [Geuna et al., 2023. Temas BGNOA, vol. 13, n°2](#)).

Como primera área para este proyecto, se eligió el sector delimitado por las ciudades de La Cruz, Paso de los Libres, Mercedes y la intersección de la ruta provincial 40 con la ruta provincial 114, abarcando de esta forma un área aproximada de 15.000 km².

Debido a los escasos afloramientos en el área, el objetivo de este estudio fue realizar una serie de relevamientos terrestres utilizando técnicas de gravimetría y magnetimetría, que sirvieron como técnicas de apoyo para la elaboración de un modelo geológico-geofísico conciso, que abarque desde la superficie hasta el basamento.

En geología, el término “basamento” se refiere a las rocas más antiguas y profundas que forman la base de la corteza terrestre. Estas rocas, generalmente ígneas o metamórficas, se encuentran por debajo de las capas sedimentarias más jóvenes y forman la base sobre la cual se han depositado otras formaciones geológicas a lo largo de millones de años. En esta región, el basamento es irregular y profundo, y está compuesto por altos y bajos estructurales, los cuales llegan a profundidades entre los 3.500 a 4.500 metros.

Técnicas geofísicas utilizadas

En este trabajo se combinaron dos técnicas: Gravimetría y Magnetometría. La gravimetría es un método de medición del campo de gravedad. Esta técnica permite medir las variaciones en la aceleración de la gravedad sobre el terreno; estas variaciones se consideran indicios de diferencias de densidad existentes en el subsuelo, por la presencia de diferentes litologías. Estas variaciones en la densidad de las rocas son las que generan las anomalías en el campo gravitatorio terrestre, las cuales son medidas e interpretadas por geofísicos y geólogos.

A su vez, la magnetometría es otro método de investigación geofísico que utiliza mediciones de las variaciones magnéticas locales frente al campo magnético terrestre global. Estas variaciones se denominan “anomalías magnéticas” y son causadas por las propiedades magnéticas de las rocas subyacentes. Al igual que la gravimetría, el objetivo de la magnetometría es investigar la geología del subsuelo con el mayor nivel de detalle y precisión.

En resumen, el objetivo de este trabajo fue medir y combinar datos geofísicos tomados en el terreno (ya que esta zona de Corrientes carece de datos geofísicos aéreos), junto con la geología de superficie y algunos perfiles de pozos de agua, presentes dentro del área de estudio, que permitieron el conocimiento directo de la litoestratigrafía hasta los 700 m de profundidad.

La litoestratigrafía es una rama de la geología que se dedica a estudiar y describir las capas de rocas (o estratos) en función de sus características físicas y composición. Ayuda a los geólogos a entender la disposición y la edad relativa de las rocas, lo cual es fundamental para la exploración de recursos naturales y la reconstrucción del pasado geológico. Es importante resaltar que, para hacer una interpretación precisa de los datos geofísicos obtenidos sobre el subsuelo, se requiere información adicional sobre las rocas que realmente se encuentran allí. Esta información se obtiene principalmente a partir de pozos de perforación, que proporcionan datos directos sobre la composición, estructura y propiedades de las rocas en profundidad. Dado que solo se puede perforar un número limitado de pozos debido a los altos costos y la complejidad del proceso, estos puntos de datos son valiosos y cruciales.

Para los relevamientos geofísicos terrestres se diagramaron y desarrollaron varias campañas geofísicas en donde se realizaron una serie de mediciones a lo largo de rutas nacionales, provinciales, caminos rurales y en predios de estancias de la zona. En estas campañas, un grupo de trabajo se ocupó de las mediciones de gravedad, las cuales se obtuvieron mediante un gravímetro marca SODIN 200T con precisión de 0,01 mGal perteneciente al SEGEMAR (Figura 1A).



Figura 1. A: Gravímetro marca SODIN 200T con precisión de 0,01 mGal, perteneciente al SEGEMAR.
B: Punto nodal Mercedes, Corrientes con gravedad conocida.

Para recordar: en el Sistema Internacional de medidas (SI) la unidad de la fuerza de gravedad es el m/s^2 , y en estas unidades, sobre la superficie terrestre la gravedad (g) $\approx 9,8 \text{ m/s}^2$. En el Sistema Cegesimal de Unidades (CGS), y en honor a Galileo Galilei, se definió el Gal:

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2 = 0,01 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto, en estas unidades, el valor normal de la aceleración debida a la gravedad (g) en la superficie terrestre es de aproximadamente 980 Gal. Ya que en Gravimetría se estudian pequeñísimas variaciones alrededor del valor normal de g , normalmente se trabaja con miligales (mGal).

$$1 \text{ mGal} = 10^{-3} \text{ Gal} = 0,001 \text{ cm/s}^2 = 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

Se sabe que el valor de la gravedad (g) no es uniforme en todo el planeta. Existen variaciones locales en g causadas por factores como la altitud, la latitud y las diferencias en la densidad del subsuelo. Para medir estas pequeñas variaciones de g , se utilizan gravímetros como el utilizado en esta campaña, que son instrumentos altamente sensibles. Sin embargo, es importante entender

que los gravímetros no miden el valor absoluto de g , sino que detectan variaciones relativas en la gravedad con una gran precisión. Esto significa que, por sí solos, los gravímetros no nos dicen cuál es el valor exacto de g en un punto, sino cómo cambia g en comparación con otros puntos.

Para poder interpretar correctamente estas variaciones, los gravímetros se calibran usando puntos de referencia conocidos como estaciones de gravedad absoluta. En estas estaciones, el valor absoluto de g ha sido medido con gran precisión usando métodos especiales. Estas mediciones absolutas proporcionan una base o una red a la cual se pueden vincular las lecturas relativas de los gravímetros. En este trabajo se usaron nodales y puntos fijos de las líneas de gravedad pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional IGN (Figura 1B).

Para posicionar las estaciones de medición se utilizó un GPS TRIMBLE PRO-XRT geodésico de doble frecuencia, con toma de medición entre 1 a 4 minutos. Los datos obtenidos fueron corregidos empleando los registros de las bases permanentes de la Red RAMSAC perteneciente al Instituto Geográfico Nacional (IGN, base Paso de los Libres) con la finalidad de obtener resultados con precisiones en el plano (latitud y longitud) de 0,3 m e inferiores a 0,6 m en la cota (altura). Es necesario ser muy precisos en la adquisición de la posición, en especial en la determinación de la altitud, ya que la altura también influye, y mucho, en el valor de g , y por eso debe considerarse su efecto en el cálculo de anomalías de gravedad.

Mientras tanto, otro grupo de trabajo se encargó del relevamiento magnetométrico. Para esto, se realizaron una serie de perfiles magnéticos terrestres utilizando un magnetómetro protónico Scintrex Envi Mag, el cual posee una precisión de ± 1 nT y una sensibilidad de 0,1 nT a una frecuencia de muestreo de 2 segundos (Figura 2A). En magnetometría, la unidad de medida de la intensidad del campo magnético es el nanotesla (nT) siendo:

$$1 \text{ nanotesla (nT)} = 1 \times 10^{-09} \text{ Tesla (T)}$$

En la zona de Corrientes donde se trabajó, el campo magnético es de aproximadamente 22.200 nT o $2,22 \times 10^{-05}$ Tesla.

Por cada estación se hicieron entre 5 a 10 mediciones, para controlar la repetitividad del dato. Una vez controlado este aspecto, se procedió a registrar el valor obtenido. Para el posicionamiento de la medición se utilizó un GPS de mano Garmin C30 pues estas mediciones no requieren tanta exactitud con respecto a su posición.

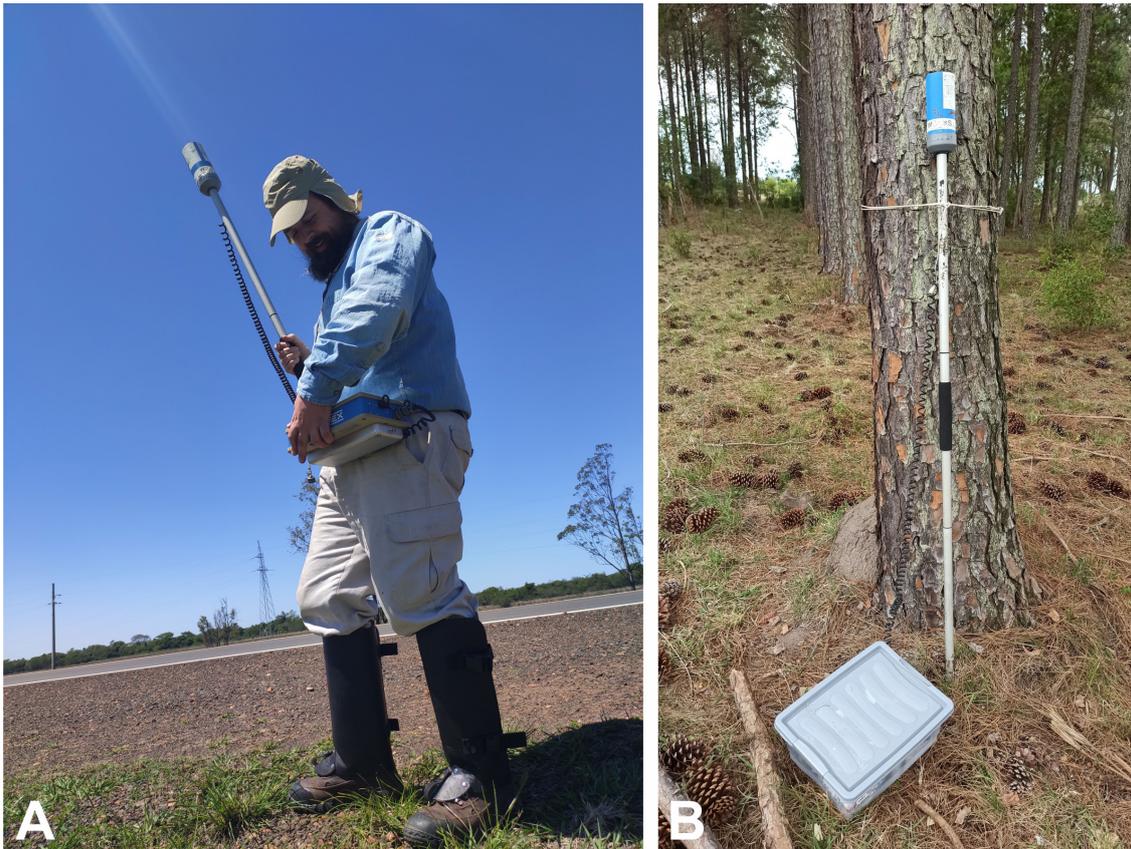


Figura 2. A: Magnetómetro protónico Scintrex Envi Mag utilizado como equipo móvil. B: Estación base que medía de forma continua, con mediciones cada un minuto, ubicada en los terrenos del INTA Mercedes.

En magnetometría, una vez obtenidos los datos en el campo, es necesario realizar una corrección de los mismos denominada “corrección diurna”. Este ajuste sirve para compensar las variaciones en las mediciones debidas a la actividad de la radiación solar, en especial durante las horas del mediodía cuando el sol posee mayor actividad. Para poder realizar esta corrección se utilizó otro magnetómetro similar al anterior, el cual ejecutaba un registro por minuto, durante todo el tiempo que duraban las mediciones en el campo y que constituyó nuestra estación base para el registro de la variación diurna del campo magnético terrestre en esta zona.

Los sitios elegidos para situar el magnetómetro base fueron la Escuela E.F.A “La Cruz” IS-45 en el sector NE del área de estudio, en la primera campaña y dentro de los terrenos del INTA Mercedes, en la segunda campaña. Se optó por estos lugares debido a la necesidad de dejar la base en un sector alejado de interferencias como pueden ser vehículos, maquinaria agrícola en movimiento, o tendidos eléctricos cercanos, los cuales podrían ser fuente de error para las mediciones de la estación base (Figura 2B). Este método, además de servir para realizar la corrección diurna, es útil para corroborar

la ausencia de tormentas magnéticas¹ durante el tiempo de duración de los relevamientos, lo que podría provocar errores en las mediciones.

Una vez realizada la corrección diurna es necesario realizar otro ajuste a los datos magnéticos denominado “corrección por IGRF” (por sus siglas en inglés: “Campo geomagnético internacional de referencia”). Consiste en restar de las observaciones, el valor regional del campo magnético terrestre, que se conoce a partir de datos de observatorios fijos en todo el mundo, satélites y su modelado matemático. Finalmente, una vez restado ese campo regional, los datos medidos resaltan las anomalías locales que son las de mayor interés.

Por último, al haber realizado tanto estudios de gravimetría como de magnetometría, fue posible combinarlos mediante un modelado geofísico (Figura 3), considerando toda la información obtenida

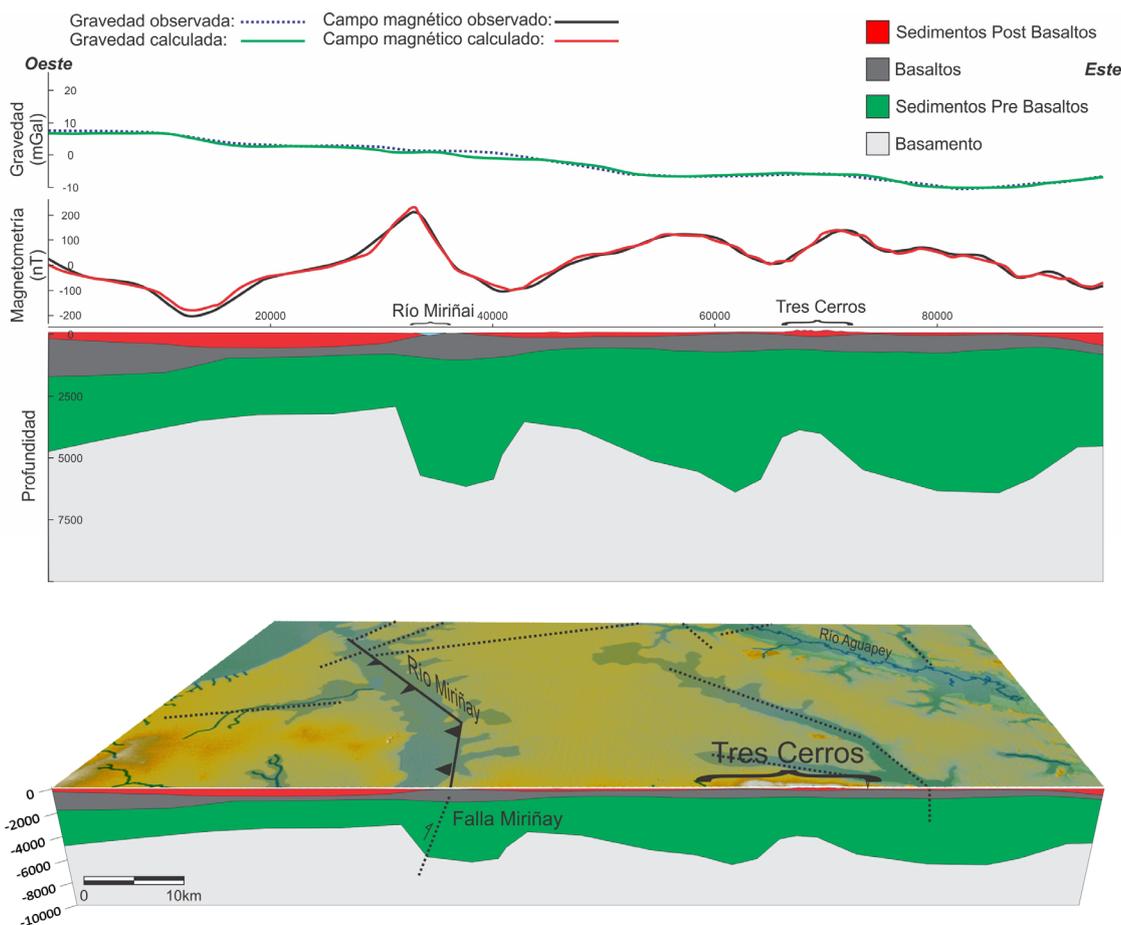


Figura 3. Arriba: Modelado geofísico sobre la RP14. Abajo: Bloque diagrama en 3D del perfil donde se combinó la información obtenida a partir de los datos de magnetometría y gravimetría modelados, junto con las estructuras identificadas en la superficie sobre el modelo de elevación digital (Folguera et al., 2021).

¹Una tormenta magnética es una perturbación temporal del campo magnético de la Tierra, causada por la interacción del viento solar con la magnetosfera.

en el campo. La integración de ambos tipos de datos permitió a los intérpretes mejorar la precisión de sus modelos del subsuelo. Las anomalías detectadas con un solo método pueden ser ambiguas, pero al corroborarlas con otro método, la interpretación se vuelve más precisa y confiable. El modelado geofísico se realizó mediante un software especializado, con el cual se crea un modelo tridimensional del subsuelo basado en los datos procesados. Este modelo muestra las diferentes capas de rocas, su profundidad, estructuras y responde a sus propiedades físicas, como la densidad y la magnetización. En zonas con una geología compleja, como el área estudiada, su aplicación ofreció una imagen más detallada de la geología local.

REFERENCIAS

FOLGUERA A, J PERONI, G RAMÉ, P BOUJÓN, L GUEVARA, A CONDE SERRA, J BEDMAR, L FERPOZZI. 2021. Caracterización geológica del área que comprende las localidades de Guaviraví, Estancia Tres Cerros y La Cruz, Provincia de Corrientes. 179 p. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Instituto de Tecnología Minera.

GEUNA S, A ARAMAYO, L ALVARADO, L ELÍAS. 2023. ¿Qué hay bajo tierra? Cómo saberlo usando electricidad. [Temas de Biología y Geología del NOA, 13\(2\): 4-9.](#)

VÁZQUEZ LUCERO S, C PREZZI. 2021. Buenos Aires tiembla. [Temas de Biología y Geología del NOA, 11\(2\): 19-28.](#)