



ANÁLISIS MAGNETOTELÚRICO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CUENCA LAGUNA MERÍN, URUGUAY

Vivanco, L¹; Morales, E¹; Caraballo, R²; Oleaga, A³; Pacheco, C³

(1) Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias, UDELAR;
(2) Instituto de Geofísica Unidad Morelia, UNAM;
(3) INGESUR S.R.L.

OPEN ACCESS Resumen

Edited by:
PhD. Leda Sánchez Bettucci
DINAMIGE
Uruguay

Reviewed by:
Anonimo

Corresponding author:
Lucia Vivanco
lula1510@gmail.com

Received: 29 Jun 2020
Accepted: 27 Jul 2020
Published: 31 Jul 2020

Citation:
Vivanco et al. (2020) Análisis magnetotelúrico del sector central de la cuenca Laguna Merín, Uruguay. *Revista Investigaciones, Montevideo*, 3(1):1-13

En el presente trabajo se presentan los resultados de la realización de diez sondeos magnetotelúricos ubicados en el sector central de la Cuenca Laguna Merín (Uruguay). Uno de los sondeos está ubicado en el pozo Puerto Gómez N° 502 (pozo más profundo de la cuenca) y fue utilizado como sondeo paramétrico. Los nueve sondeos restantes están ubicados a lo largo de una transecta de orientación NO-SE y 65 km de longitud. Se presentan los resultados del análisis de la dimensionalidad, *strike*, vectores de inducción, inversión 1-D del sondeo paramétrico e inversión 2-D de los restantes sondeos, lo cual permitió caracterizar desde el punto de vista geoelectrico el relleno y basamento de la cuenca. La inversión 1-D del sondeo paramétrico permitió caracterizar seis capas geoelectricas, las tres primeras corresponden a sedimentos, la cuarta a basaltos y la última al basamento, las cuales son coherentes con el perfil estratigráfico del pozo Puerto Gómez N° 502. La inversión 2-D permitió estimar la profundidad del basamento, entre -750 y -1100 m y caracterizar el relleno de la cuenca como constituido por sedimentos cuyos espesores varían entre 120 y 480 m y litologías asignables a basaltos, con un espesor entre 100 y 1750 m. Los tres sondeos magnetotelúricos ubicados al sur de la transecta se encuentran próximos a la anomalía gravimétrica que exhibe la cuenca, en la inversión 2-D se detecta un cuerpo subcircular a una profundidad mayor a los 1400 m, con resistividad media, que es asignable al cuerpo generador de dicha anomalía.

Palabras claves:

magnetotelúrico, geoelectrico, lineamientos, Cuenca Laguna Merín, Uruguay

Introducción

En el área continental del Uruguay se desarrollan tres cuencas sedimentarias, denominadas: Norte (De Santa Ana, 1989), Santa Lucía (Jones, 1956) y Laguna Merín (Bossi, 1966). Mientras que la primera constituye una cuenca intracratónica generada en el Paleozoico, las dos últimas tienen su génesis vinculada a los procesos de fragmentación del supercontinente Gondwana y posterior apertura del Océano Atlántico Sur, iniciados en el Jurásico superior (Veroslavsky et al., 2004; e.g. de Santa Ana et al., 2006).

Las cuencas Norte y Santa Lucía cuentan, cada una de ellas, con más de una decena de perforaciones exploratorias profundas que alcanzaron el basamento cristalino, realizadas en busca de hidrocarburos. Por su parte, en la Cuenca Laguna Merín (CLM) existen un total de catorce perforaciones. Cuatro de estas perforaciones son antiguas y realizadas por la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE), mientras que las restantes fueron realizadas por la empresa minera sudafricana Orosur Mining Inc., en la década del 2000. A pesar de este conjunto de perforaciones, se desconoce la conformación completa de su relleno y la profundidad a la que se encuentra su basamento, ya que ninguna perforación profunda alcanzó el mismo.

La CLM presenta adicionalmente, como característica peculiar, la anomalía gravimétrica positiva más importante del territorio continental uruguayo, siendo mayor a 100 mGal (Introcaso & Huerta, 1982; Reitmayr, 1989; Reitmayr, 2001), la cual a su vez es coincidente con una anomalía magnética (Cernuschi, 2011). La anomalía gravimétrica presenta continuación hacia el territorio

brasileño en la Cuenca Pelotas (Hales, 1973; Medina & Pirelli, 1995; Correa, 2009; Correa et al., 2010); sin embargo, la mayor amplitud se observa en la porción uruguayo (Medina & Pirelli, 1995). Se trata de una anomalía comparable en amplitud a la del Complejo Trompsburg en Sudáfrica, que alcanza los 99,5 mGals, la cual a su vez también coincide con una anomalía magnética, originadas por una capa ígnea máfica (Bauchman, 1960; Reitmayr, 2001).

La anomalía gravimétrica de la CLM ha sido asignada a diversas causas, tales como la presencia de diques de rocas básicas y máficas de origen mantélico vinculados a la evolución del SaLAM (Veroslavsky et al., 2002) o a la presencia de un complejo magmático intrusivo (Cernuschi, 2011). Sin embargo, la misma aún no es completamente entendida.

En este trabajo se presentan los resultados de la realización de diez sondeos magnetotelúricos, uno de los cuales fue ubicado en la perforación Puerto Gómez N° 502, la más profunda de la cuenca, a efectos de ser utilizado como sondeo paramétrico y los nueve restantes en el sector central de la CLM, a lo largo de una transecta de orientación NO-SE, perpendicular a los bordes estructurales de la misma.

Se realizó el análisis de la dimensionalidad, *strike* y vectores de inducción para los 10 sondeos e inversión 1-D del sondeo paramétrico y 2-D de los restantes sondeos, lo que ha permitido caracterizar desde el punto de vista geoelectrónico el relleno y basamento de la cuenca.

Contexto geológico

La CLM y la Cuenca Santa Lucía en conjunto con otras fosas menores, constituyen el lineamiento estructural

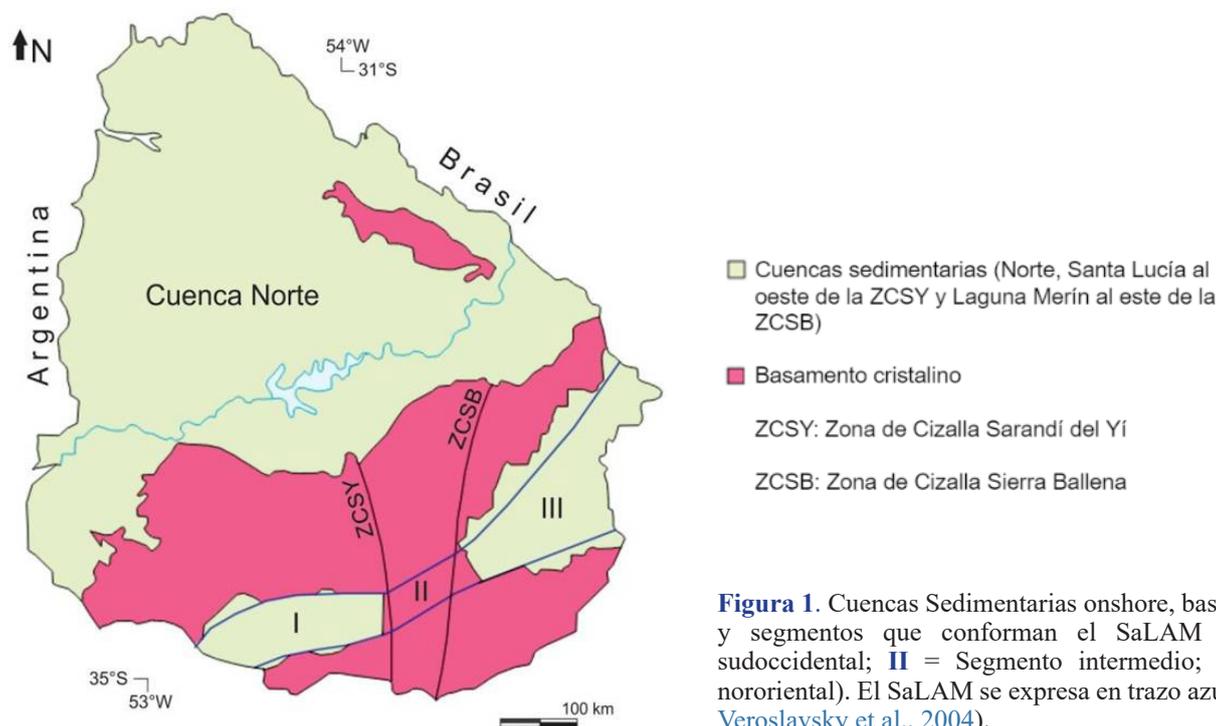


Figura 1. Cuencas Sedimentarias onshore, basamento cristalino y segmentos que conforman el SaLAM (I = Segmento sudoccidental; II = Segmento intermedio; III = Segmento nororiental). El SaLAM se expresa en trazo azul (Modificado de Veroslavsky et al., 2004).

Santa Lucía–Aiguá–Merín (SaLAM) (Rosello et al., 1999; 2000; 2007), interpretado como un rift abortado resultado de la extensión cortical ocurrida durante la fragmentación del Gondwana Occidental.

El SaLAM se divide en tres segmentos, limitados por zonas de cizalla, denominados: Sudoccidental, Intermedio y Nororiental (Fig. 1), correspondiendo el último de ellos a la CLM (Rosello et al., 1999; 2007). Los principales controles estructurales en el segmento Nororiental son, al norte, el lineamiento Cebollatí-Merín (N 50°-45°) y, al sur, el lineamiento Aiguá-India Muerta-Chuy (N 60°) (Rosello et al., 2000; Veroslavsky et al., 2004).

La CLM presenta el mayor volumen de rocas volcánicas e intrusivas del SaLAM, conformada mayoritariamente por basaltos de la Formación Puerto Gómez (Bossi, 1966) y lavas riolíticas y rocas volcanoclásticas de la Formación Arequita (Bossi, 1966). Este conjunto de rocas ígneas mesozoicas presenta un espesor superior a los 1000 m, habiendo sido identificadas en la perforación Puerto Gómez N° 502 y en las diez perforaciones realizadas por la empresa minera Orosur Mining Inc. (Cernuschi, 2011). Subordinadamente se encuentran rocas sedimentarias cretácicas de la Formación Migues (Bossi, 1966) y cenozoicas, asociadas a las formaciones Fray Bentos (Harrington, 1956), Villa Soriano (Goso, 1970) y Dolores (Goso, 1970).

Existen varios tipos de expresiones volcánicas e hipoabisales en la cuenca, cuyo registro son, dos calderas de colapso, asociadas a un vulcanismo félsico, que

afloran en forma de anillos sub-circulares con un ancho de 20 km (Cernuschi, 2011, Muzio, 2008; Conti, 2008; Rossello, 2007), el Macizo Valle Chico (Muzio & Artur, 1998) que reúne sienitas, granitos, traquitas y riolitas alcali-feldespáticas y el Complejo Sierra de San Miguel, compuesto por gabros, granófiros y riolitas (Muzio et al., 2009) con una longitud de 25 km y con una dirección EW. El basamento de la cuenca podría integrar litologías diversas desde granitos del Cinturón Dom Feliciano (Sánchez Bettucci et al., 2010), rocas de alto grado metamórfico del Complejo Cerro Olivo (Masquelin et al., 2001) y hasta rocas metasedimentarias de la Formación Rocha (Sánchez Bettucci & Mezzano, 1993).

Metodología

Interpretación Estructural

El método magnetotelúrico (MT) consiste en medir simultáneamente en un mismo punto de la superficie terrestre las variaciones temporales naturales de los campos eléctricos y magnéticos (Pous & Marcuello, 2003). Como los campos magnéticos y eléctricos tienen carácter vectorial, es posible medir las tres componentes del primero (H_x , H_y , H_z) y las dos componentes horizontales del último (E_x , E_y), siendo el eje x horizontal y referido al Norte geográfico, mientras que el eje y es horizontal y dirigido hacia el Este geográfico y el eje z es vertical, dirigido hacia el interior de la Tierra. Estos componentes se miden en

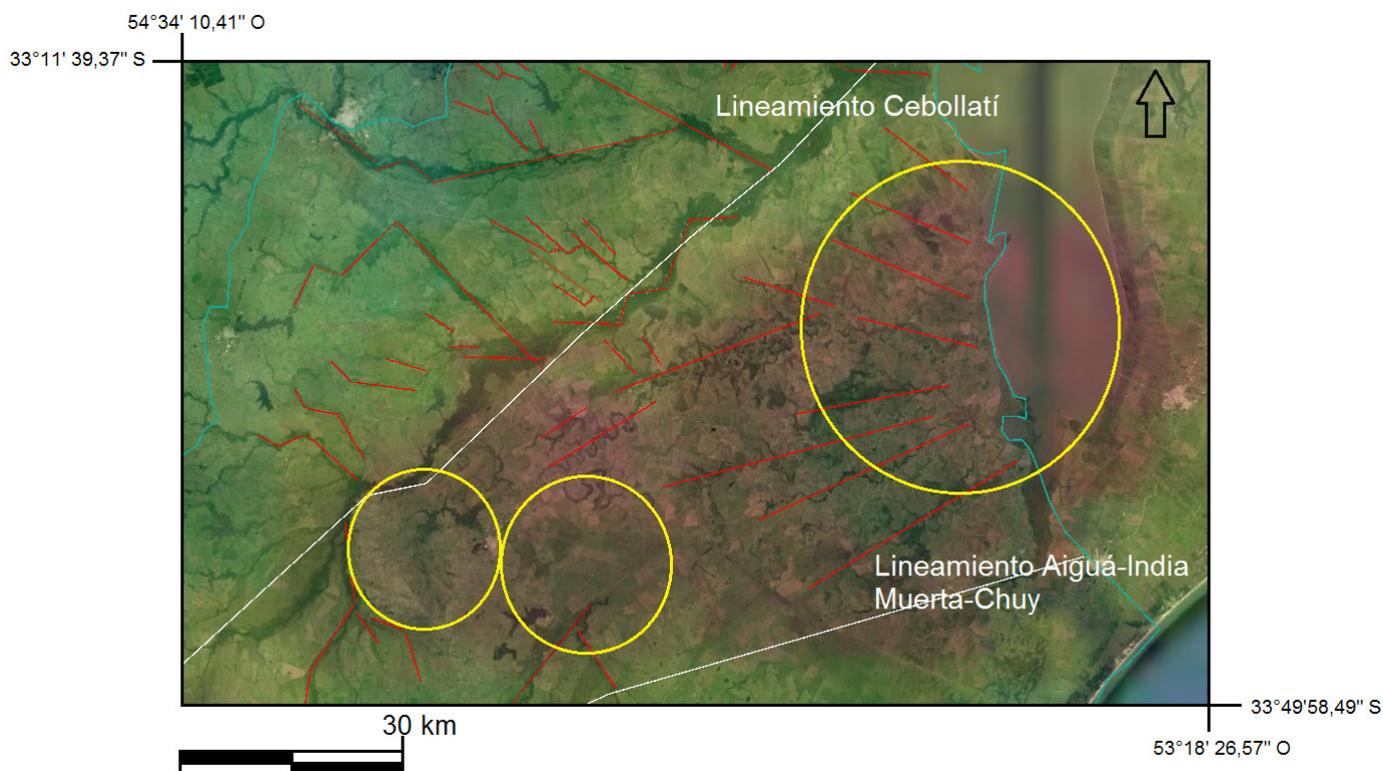


Figura 2. En trazo rojo Principales lineamientos reconocidos en el área de estudio de la Cuenca Laguna Merín y en blanco se señalan los lineamientos Cebollatí y Aiguá-India Muerta-Chuy. Los círculos amarillos muestran los complejos magmáticos intrusivos denominados de E a O, Lascano Este, Lascano Oeste y San Luis por Cernuschi (2011). Se presenta la localización de los SEV (Infantozzi et al., 1995) y de los sondeos MT.

series de tiempo individuales que son transformados al dominio de la frecuencia ($H_x(\omega)$, $H_y(\omega)$, $H_z(\omega)$, $E_x(\omega)$, y $E_y(\omega)$) utilizando un algoritmo de transformada de Fourier (Almaguer, 2013). Una vez obtenida las transformaciones se puede proceder a calcular los productos cruzados (cross-powers) de donde se tendrá el tensor de impedancia \mathbf{Z} (Corbo, 2006). Este tensor es una matriz compleja de orden dos que relaciona las componentes horizontales del campo eléctrico (\mathbf{E}) y magnético (\mathbf{H}) para una frecuencia dada (ω) que depende de la distribución de conductividad eléctrica del subsuelo, por lo que la obtención del mismo para cada frecuencia o período nos permitirá conocer la estructura del subsuelo en términos de este parámetro físico (Pous & Marcuello, 2003). Esta relación establece que (Cantwell, 1960): $\mathbf{E}(\omega) = \mathbf{Z}(\omega)\mathbf{H}(\omega)$.

La componente \mathbf{Z} nos permite definir la resistividad aparente y la fase para cada período, según Vozoff (1972):

$$\text{resistividad aparente: } \rho_{aij}(\omega) = \frac{1}{2\pi\omega\mu} |Z_{ij}(\omega)|^2$$

$$\text{fase: } \varphi_{ij}(\omega) = \arctan\left(\frac{\text{Im}[Z_{ij}(\omega)]}{\text{Re}[Z_{ij}(\omega)]}\right)$$

donde, μ es la permeabilidad magnética para $ij=xx, xy, yx, yy$, y Re e Im son la parte real e imaginaria respectivamente.

Criterio de localización de los sondeos

A efectos de ubicar los sondeos magnetotéluricos se realizó una revisión de antecedentes geológicos, un

análisis de la red hidrográfica e identificación de los principales lineamientos estructurales presentes, mediante la utilización de imágenes satelitales, fotos aéreas y hojas topográficas.

La figura 2 muestra los principales lineamientos identificados en el área de estudio y sus proximidades. La red de drenaje más importante y con más expresión geomorfológica en toda la cuenca es el Río Cebollí, controlado por el lineamiento homónimo (N45E) que presenta algunas inflexiones menores E-O. Asimismo, la otra estructura que controla a la cuenca está dada por el lineamiento Aiguá-India Muerta-Chuy. Entre estos dos lineamientos, las principales estructuras exhiben un patrón radial hacia el centro de la Laguna Merín, hacia el denominado Complejo San Luis (Cernuschi, 2011), exponiendo una orientación de las mismas desde NO hasta EO. En tanto, al Norte del lineamiento Cebollatí el padrón de lineamientos estructurales es diferente, exhibiendo una orientación preferencial NO y en forma subordinada EO y NE.

La elección primaria de la ubicación de los sondeos respondió a la posibilidad de establecer la mayor equidistancia posible entre el sondeo y los lineamientos identificados, y a que la transecta final tuviera una orientación lo más perpendicular posible a los mismos. De ese modo, la transecta tiene una orientación NO-SE y una longitud de 65 km (Fig. 3).

Una vez en el campo, para la localización final de los sondeos, se tuvieron las siguientes consideraciones a efectos de optimizar la calidad del dato, una distancia no inferior a los 200 m de conductores eléctricos y de áreas



Figura 3. Localización del área estudiada y la transecta magnetotélurica. En trazo rojo se señala el límite de la Cuenca Laguna Merín y los puntos numerados señalan la ubicación de los sondeos magnetotéluricos.

transitables por vehículos o animales, áreas no anegadas y una resistividad de contacto entre 0-1500 Ω .m.

Los datos geofísicos fueron obtenidos mediante el equipo ADU-07, de la empresa Metronix, en dos salidas de campo distintas. El índice planetario K_p , extraído de los informes de NOAA para las fechas de las campañas de adquisición de datos indica que los mismos no están afectados por procesos de perturbación magnetosférica.

Resultados y Discusión

A continuación, se presenta, los resultados del análisis estratigráfico de la perforación Puerto Gómez N° 502, la dimensionalidad, *strike*, vectores de inducción, inversión 1-D del sondeo paramétrico e inversión 2-D de los restantes sondeos.

Descripción del Pozo Puerto Gómez N° 502

En el perfil estratigráfico (Fig. 4), de techo a base, se puede observar que los primeros 63 m de perforación están representados por sedimentos post-oligocénicos que comprenden intercalaciones de pelitas y conglomerados. Entre -63 m y -157 m, se ubican litologías asignables a la Formación Fray Bentos, que corresponden a areniscas marrones y rojizas intercaladas con limos marrones. Entre -157 m y -221 m, se encuentra la Formación Migues integrada predominantemente por areniscas conglomerádicas y niveles de arcillitas y limolitas.

Desde -234 m hasta los -1180 m, se encuentra litologías asignables a la Formación Puerto Gómez. Desde -234 m a -266 m se encuentra a una brecha volcánica autoclástica y desde -266 m al final del pozo son identificados basaltos. El basalto presenta dos facies, la mitad superior corresponde a una textura predominantemente vacuolar-amigdaloides; en tanto, la mitad inferior corresponde a una textura predominantemente masiva, con la presencia de muy pequeñas, y en escasa cantidad, de vacuolas y amígdalas.

A continuación, se describen tres muestras representativas de las litologías encontradas en la Formación Puerto Gómez:

- **Muestra 1** (-264 m a -265 m), autobrecha monomítica volcánica (Fig. 5 A y B) compuesta por fragmentos angulosos a subangulosos de basaltos, de dimensiones de entre 1 mm y 15 mm, los que presentan fenocristales de plagioclasa automorfa con dimensiones de 0,2 mm y una matriz de textura subofítica a ofítica, dominada por plagioclasa subautomorfa a automorfa de dimensión aproximadas de 0,025 mm, y clinopiroxeno subautomorfo de 0,05 mm aproximadamente. Plagioclasa reemplazada pseudomórficamente por carbonatos. La matriz de la brecha está conformada por plagioclasa de dimensiones de 0,07 mm aproximadamente, piroxeno con dimensiones aproximadas de 0,03

mm y anfíbol de 0,050 mm aproximadamente. Asimismo, se observa como accesorios opacos automorfos y óxidos subautomorfos.

- **Muestra 2** (-328 m a -329 m), basalto amigdaloides porfirítico (Fig. 5 c y d) conformado por fenocristales de plagioclasa automorfa de aproximadamente 0,05 mm y piroxeno subautomorfo de 0,04 mm, con óxidos y opacos sobreimpuestos. Ocasionalmente los fenocristales se presentan conformando glomérulos. Matriz con textura subofítica, integrada por plagioclasa, piroxeno y vidrio. Amígdalas con dimensiones entre 0,2-1,2 mm aproximadamente con relleno de ceolita, yeso, y celadonita.

- **Muestra 3** (-1032 m a -1033 m), basalto masivo porfirítico (Fig. 5 e y f), con fenocristales de plagioclasa automorfa de 0,3 mm y de manera localizada se encuentra conformando glomérulos de dimensiones de 0,6 mm. Matriz con textura subofítica de plagioclasa automorfa y subautomorfa de 0,01 mm y clinopiroxeno de dimensión aproximadas de 0,008 mm. Presenta escasas vacuolas de hasta 0,2 mm de diámetro. Accesorios de opacos automorfos con dimensiones aproximadas de 0,008 mm y óxidos subautomorfos de 0,005 mm.

Dimensionalidad

En la figura 6 se observa para los sondeos 1 al 6 y 10, a frecuencias altas, un comportamiento predominantemente 1-D (sin afectación estructural mayor), mientras que a medida que disminuye la frecuencia predomina un comportamiento 2-D y 3-D (mayor complejidad estructural), siendo estos últimos los predominantes para la cuenca. Por otro lado, los sondeos 7, 8 y 9 son muy someros (sólo datos a altas frecuencias) y presentan un comportamiento mayormente de carácter 2-D y 3-D.

En cuanto a las estructuras, en el sondeo 1, no se reconoce en este análisis a altas frecuencias, la presencia del lineamiento Cebollatí, lo cual puede deberse a que el mismo no constituye una estructura geoelectrica en superficie, presentando las capas someras propiedades eléctricas similares. En tanto, en los sondeos 2 y 3 se observa a muy bajas frecuencias un comportamiento 2-D localizado. Ese comportamiento no podría asignarse al lineamiento Cebollatí, ya que de serlo no debería presentar un carácter localizado.

Strike y Vectores de Inducción

En virtud de que la dimensionalidad arrojó diferentes comportamientos a altas y bajas frecuencias, los vectores de inducción y *strike* general también fueron evaluados para altas y bajas frecuencias (Fig. 7).

En la Tabla 1 se presentan las direcciones de los

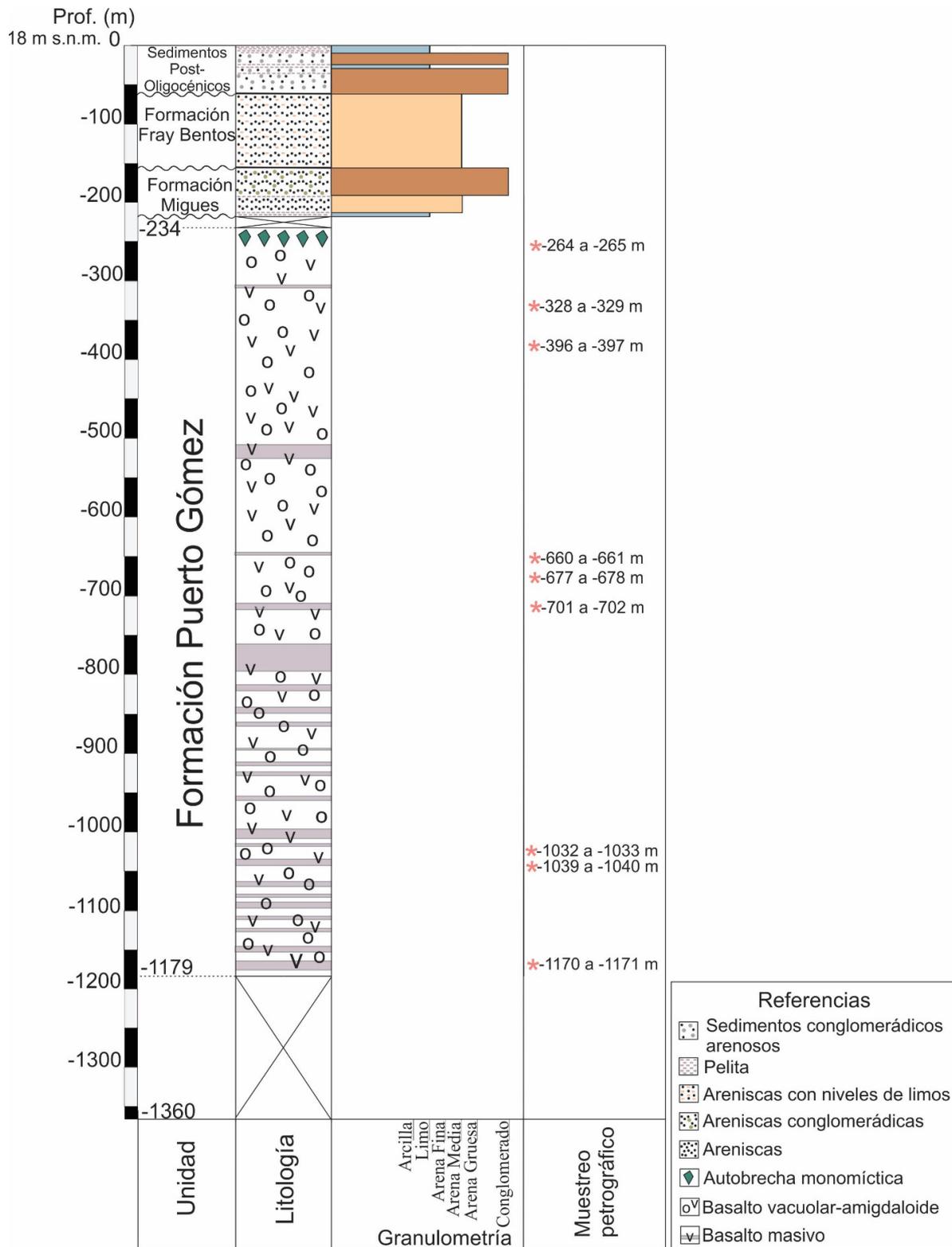


Figura 4. Perfil estratigráfico del pozo Puerto Gómez N° 502. Asteriscos (*): muestras con análisis petrográficos

vectores de inducción y *strike* para todos los sondeos, habiéndose concluido que la mejor dirección para rotar los sondeos es la NO para los sondeos 2, 3, 7, 8, 9 y 10, perpendicular a la orientación del lineamiento Cebollatí y los restantes sondeos en dirección NS, aproximadamente perpendicular a las estructuras más próximas.

Inversión 1-D

Se realizó la Inversión 1-D del Sondeo 1 (Fig. 8), para contrastar los resultados del método con la descripción estratigráfica del pozo paramétrico.

Las tres capas más someras presentan resistividades bajas, de 16, 8 y 5 Ωm , respectivamente, con un espesor total de 230 m. Estas se corresponden a las unidades sedimentarias atravesadas en la perforación Puerto Gómez

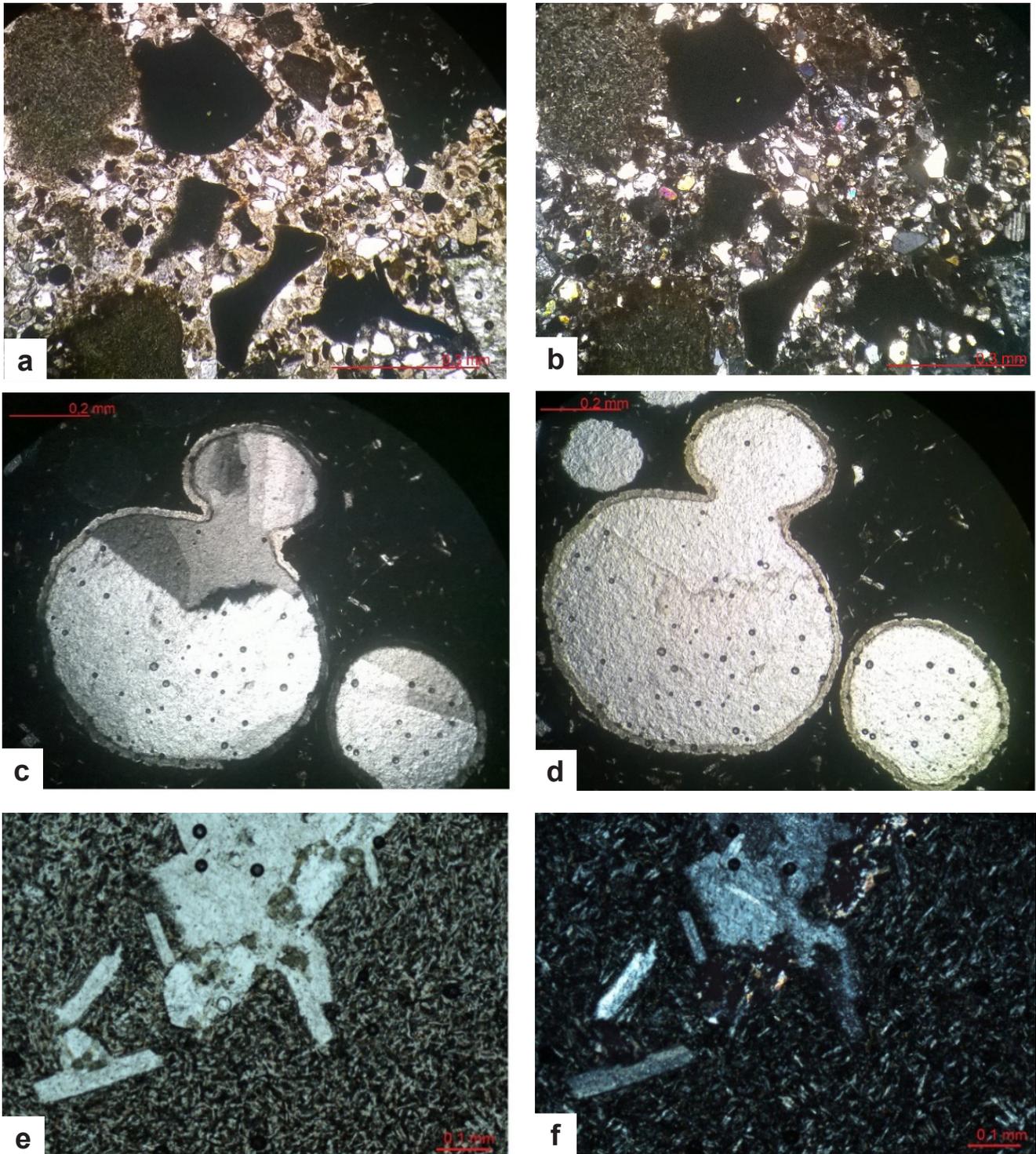


Figura 5. Fotomicrografías representativas de las unidades de la Formación Puerto Gómez: **(a-b)** Autobrecha monomicta volcánica exhibiendo fragmentos subangulosos basalto; **(c-d)** Basalto amigdaloides porfirítico, con amígdalas rellenas de celolita; **(e-f)** Basalto masivo porfirítico, con glomérulos de plagioclasa automorfa.

Nº 502, donde representan un espesor total de 221 m. Si bien ambos valores son comparables la diferencia podría deberse a, la ubicación del sondeo, ya que el mismo por cuestiones logísticas se hizo muy próximo al pozo, pero no exactamente sobre él, a una alteración superficial de los basaltos (Bossi, 1966), no pudiéndose constatar por falta de registro de pozo, o a la propia resolución del método.

Este resultado es coherente con lo interpretado por Reitmayr (2001), quien propone dos posibles perfiles de

resistividad (SEV 6 A y B) en función de la profundidad para un Sondeo Eléctrico Vertical ubicado en el pozo Puerto Gómez Nº 502. Ambas interpretaciones muestran sedimentos superficiales con un espesor en el entorno de los 220 m y bajas resistividades.

Las capas 4 y 5 de la inversión 1-D presentan resistividades entre 19 y 41 Ω .m, respectivamente, con un espesor de 1300 m, ambas corresponden a los basaltos de la Formación Puerto Gómez. Esta situación también

tiene correspondencia con la caracterización del pozo realizada en el presente trabajo, donde es posible distinguir que la mitad superior de la Formación Puerto Gómez corresponde a facies más vacuolares- amigdaloides y por tanto, presumiblemente menos resistivas, mientras que la mitad inferior a facies masivas y por tanto más resistivas. Esto presenta correlación con la propuesta del SEV 6 A de [Reitmayer \(2001\)](#), ya que contempla por debajo de los sedimentos una capa de espesor cercano a los 1.000 m con resistividades de 70 Ωm y una capa más profunda de resistividad mayor a 250 Ωm . La primera de las cuales y presumiblemente el tope de la segunda se corresponden a los basaltos de la Formación Puerto Gómez.

La capa 6 de la inversión 1-D tiene resistividades superiores a 117 Ωm y estaría ubicada a una profundidad aproximada de -1550 m, correspondiendo al basamento. La perforación no alcanzó la base de los basaltos, por tanto, se desconoce la profundidad a la que se ubica el basamento. En tanto, [Reitmayer \(2001\)](#), en la interpretación de perfil SEV 6 A, registra a una profundidad superior a los -1360 m, un material con resistividad superior a los 250 Ωm , siendo consistente con lo observado en la inversión 1-D.

Inversión 2-D

El material debajo de los sondeos 7, 8 y 9, en la inversión 2-D ([Fig. 9](#)) presenta una resistividad superior a los 500 Ωm , siendo coherente con el estudio de campo, ya que los mismos fueron ubicados en áreas del basamento del borde Norte de la CLM. Como se mencionó, ninguna perforación profunda alcanzó el basamento de la cuenca, siendo un desafío para este trabajo, ya que se desconoce la litología en profundidad, la cual podría corresponder a la Formación Rocha, con resistividades que podrían estar en torno a 102-103 Ωm , hasta granitos con eventuales resistividades en torno a 103-104 Ωm .

Por otro lado, en los restantes seis sondeos se observa la existencia de una capa somera de baja

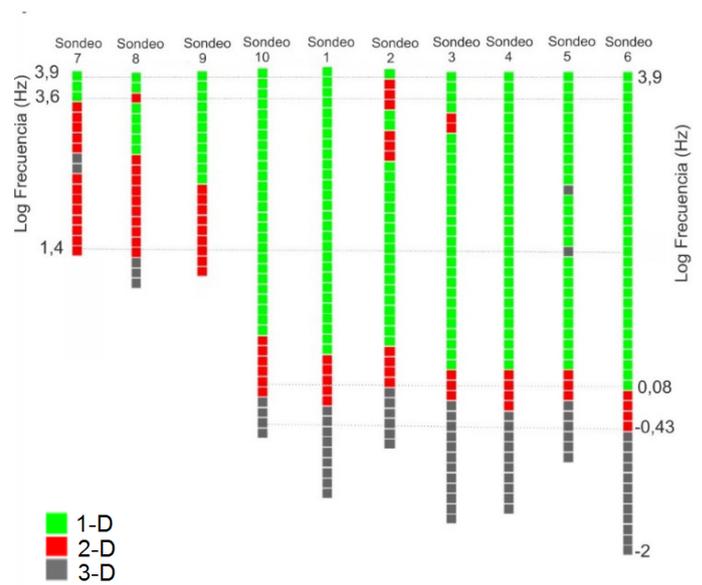


Figura 6. Análisis de la dimensionalidad en perfil de los Sondeos MT realizados. En verde un comportamiento 1-D, no presentar una variación lateral de la resistividad y en rojo y gris se observa una mayor complejidad estructural.

resistividad, entre 4 Ωm a 32 Ωm , con un espesor máximo de 480 m entre los sondeos 2 y 10 y el menor entre los sondeos 5 y 6, con 120 m de potencia, aproximadamente. Esta capa es asignada a sedimentos por su continuidad lateral y por las descripciones geológicas y geofísicas del área.

Debajo de esta capa se encuentra otra unidad con resistividades medias de entre 32 Ωm y 256 Ωm , que alcanza los mayores espesores entre los sondeos 5 y 6, de hasta 1.750 m aproximadamente y los menores espesores entre los sondeos 2 y 10 con 100 m aproximadamente. Se asigna a basaltos de la Formación Puerto Gómez, lo cual es coherente con los antecedentes geológicos y geofísicos. El valor de la resistividad es inferior al esperado para estas litologías, pero semejante con los valores obtenidos

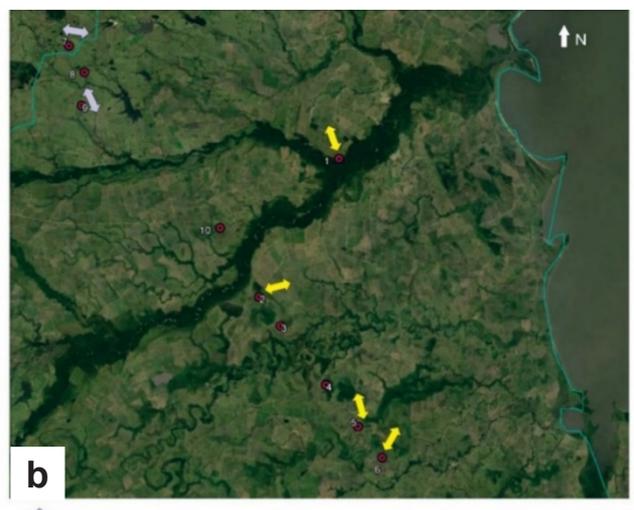
Sondeo	V. Ind. General	V. Ind. Altas Frecuencias	V. Ind. Bajas Frecuencias	Strike General	Strike Altas Frecuencias	Strike Bajas Frecuencias
1	N 165°	N 160°	N 165°	N 355°	N 325°	NS
2	N 285°	N 255°	N 55°	N 55°	N 45°	N 75°
3	N 105°	-	N 125°	N 355°	N 45°	N 345°
4	-	-	-	N 345°	N 345°	N 335°
5	N 355°	N 345°	N 355°	N 355°	N 345°	NS
6	-	N 30°	-	N 55°	N 65°	N 75°
7	N 100°	-	-	N 50°	-	-
8	-	-	-	N 340°	-	-
9	N 155°	-	-	N 310°	-	-
10	-	-	-	N 5°	N 10°	N 5°

Tabla 1. ADirección de los vectores de inducción y strike general, así como también para altas y bajas frecuencias.



↑ Vectores de inducción general

24 km



↑ Vectores de inducción general

↑ Vectores de inducción frecuencias altas

24 km



↑ Vectores de inducción general

↑ Vectores de inducción frecuencias bajas

24 km



↑ Strike general

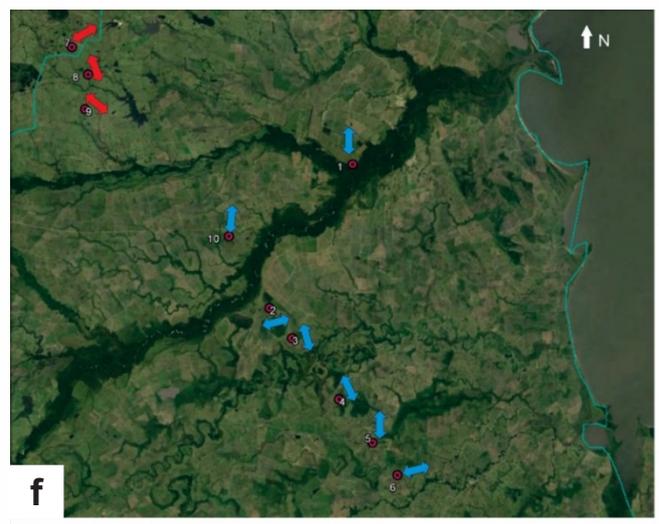
24 km



↑ Strike a altas frecuencias

↑ Strike general

24 km



↑ Strike a bajas frecuencias

↑ Strike general

24 km

Figura 7. (a) Dirección de los vectores de inducción general; (b) Dirección de los vectores de inducción a altas frecuencias y aquellos sondeos que no se pudo obtener una dirección preferente se presenta la de general; (c) Dirección de los vectores de inducción a bajas frecuencias y aquellos sondeos que no se pudo obtener una dirección preferente se presenta la de general; (d) Dirección del strike general; (e) Dirección del strike a altas frecuencias y aquellos sondeos que no se pudo obtener una dirección preferente se presenta la de general; (f) Dirección del strike a bajas frecuencias y aquellos sondeos que no se pudo obtener una dirección preferente se presenta la de general.

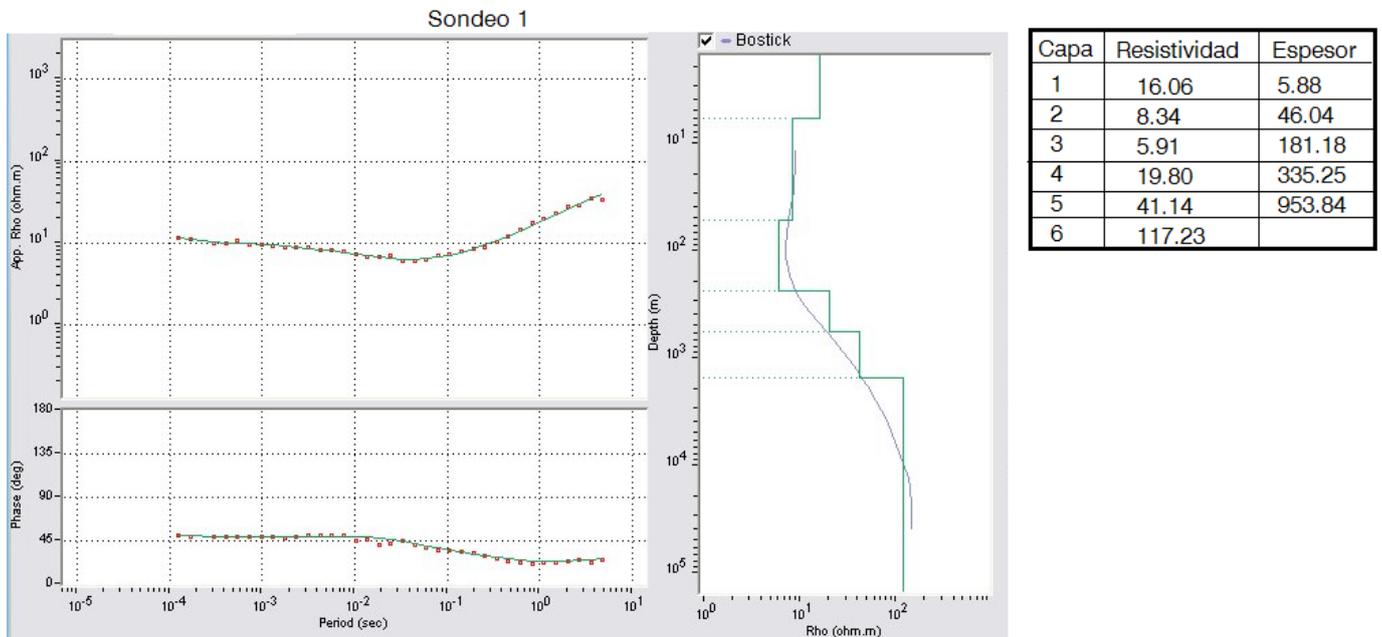


Figura 8. Inversión 1-D del invariante del Sondeo 1.

basaltos muy alterados. No obstante, el mismo podría corresponder a otro cuerpo que reúna estas características resistivas, tales como litologías metálicas o sedimentarias. Según los antecedentes los cuerpos magnéticos en la cuenca se encuentran a profundidades menores a 1 km (Reitmayr, 2001), pudiendo corresponder los mismos a basaltos (Cernuschi, 2011).

En la Figura 9 se divisan tres estructuras geoelectricas interpretadas en profundidad, una ubicada al norte de la transecta entre los sondeos 9 y 10, una central entre los sondeos 2 y 10 y una al sur entre los sondeos 3 y 4. La primera de ellas, delimita un material más resistivo, con valores superiores a 500 Ωm de otro más conductor,

con resistividad inferior a 256 Ωm . Esta estructura corresponde a la falla que delimita el basamento de un material de resistividades medias.

La estructura en el sector central de la transecta se presenta como un conductor muy fuerte que enmascara su entorno, generando una geometría circular a una profundidad de más de -1500 m, con resistividades muy bajas de entre 4 y 32 Ωm . La misma se asigna al lineamiento Cebollatí, en virtud de su ubicación. Una interpretación alternativa sería que el cuerpo subcircular correspondiera a un cuerpo intrusivo, el cual por presentar tan baja resistividad debería ser un conductor. Sin embargo, para este sector la gravimetría actual no expone

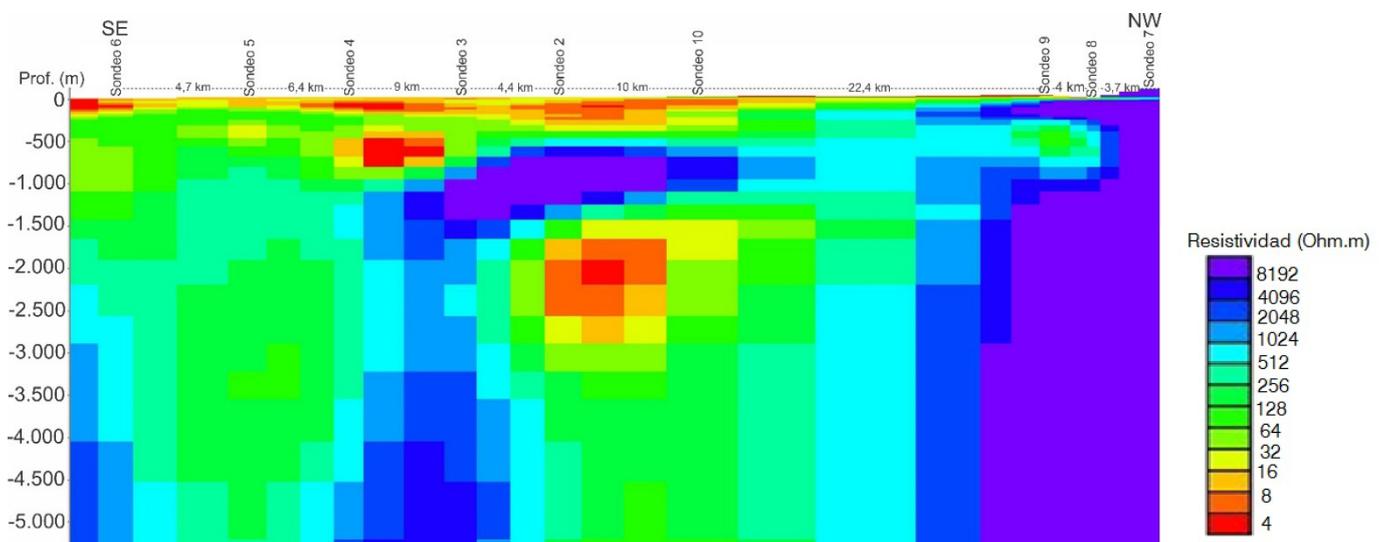


Figura 9. Inversión 2-D de la transecta magnetotelúrica.

la presencia de un cuerpo de esas características. En la [Figura 10](#), se presenta el perfil geológico para la transecta magnetotelúrica realizada.

La estructura al sur delimita un material con resistividad alta, mayor a 500 m, de otro con una resistividad mayor a 256 Ω m. Este último material solamente es observado entre los sondeos 4, 5 y 6, y se encuentra a una profundidad mayor a los -1400 m, con resistividades mayores a 256 Ω m. Estos sondeos son los que se encuentran más próximos a la anomalía gravimétrica presente en la cuenca, siendo el Sondeo 5 el que se encuentra más próximo del máximo gravimétrico. Este material es asignado al cuerpo generador de la anomalía, y la estructura al sur delimita este cuerpo caracterizado por resistividades medias, de otro muy resistivo, el cual corresponde al basamento.

La geometría del cuerpo generador de la anomalía gravimétrica interpretada en este trabajo es parcialmente coincidente con lo propuesto por [Reitmayr \(2001\)](#), quien interpreta en un perfil gravimétrico-magnetométrico un cuerpo de alta densidad ubicado a una profundidad entre -1 y -7 km, el cual no presenta una magnetización considerable ([Reitmayr, 2001](#)). El perfil de [Reitmayr \(2001\)](#) fue realizado aproximadamente paralelo al de la transecta de la inversión 2-D, pero está desplazado aproximadamente 15 km al Este.

El cuerpo generador de la anomalía gravimétrica podría tener, al menos dos grandes interpretaciones, ser un cuerpo cogenético con las lavas de la Formación Puerto Gómez y ser la fuente alimentadora en esta área de los basaltos, o bien ser una heterogeneidad en el basamento.

Conclusiones

La estratigrafía de la cuenca Laguna Merín a lo largo de la transecta analizada está representada, de tope a base, por rocas sedimentarias, con un espesor variable entre 120 m

y 480 m y resistividades bajas (4 Ω m a 32 Ω m) y basaltos con un espesor entre 100 m y 1750 m con resistividades medias de entre 32 Ω . y 256 Ω m. El basamento se ubicaría a profundidades mayores entre -750 m y -1100 m, presenta resistividades entre 256 Ω m y 8.100 Ω m.

En el área de estudio ocurren tres estructuras geoelectricas en profundidad, una delimita el basamento cristalino de la cuenca, la otra se corresponde con el lineamiento Cebollatí y la última delimita el basamento cristalino del cuerpo generador de la anomalía gravimétrica. Este cuerpo se observa en la localidad de los sondeos 4,5 y 6, a una profundidad mayor a los -1400 m y presenta resistividades mayores a 256 Ω m, pudiendo ser un cuerpo cogenético con las lavas de la Formación Puerto Gómez y la fuente alimentadora de los basaltos en el área de estudio, o bien ser una heterogeneidad en el basamento.

Referencias

- Almaguer, J. (2013). Estudio magnetotelúrico con fines de interés geotérmico en el sector norte del nevado de Ruiz, Colombia. Trabajo Final de Magister, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bossi, J. (1966). Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República.
- Buchman, J.P. (1960). Exploration of a geophysical anomaly at Trompsburg, Orange Free State, South Africa. Transactions of the Geological Society of South Africa, 63, 1-10
- Cantwell, T. (1960). Detection and analysis of low frequency magnetotellurics signals. Ph.D Thesis, Dept. of Geology and Geophysics, Cambridge.
- Cernuschi, F. (2011). Geology of the Cretaceous Lascano East Intrusive Complex: Magmatic Evolution and Mineralization Potential of the Merín Basin, Uruguay. Master of Science Thesis, Oregon State

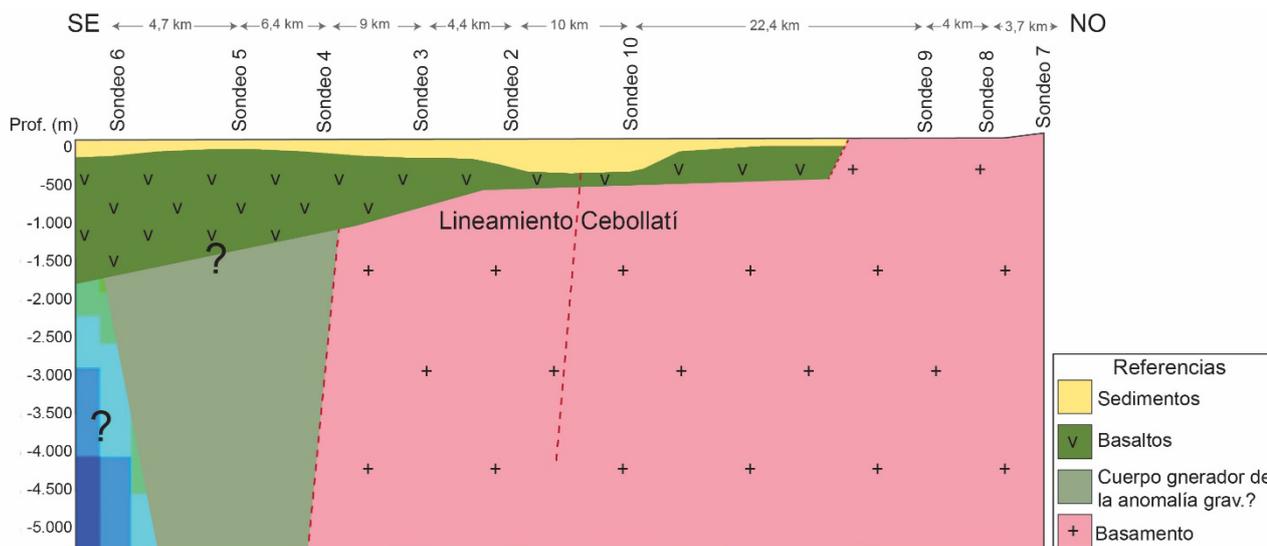


Figura 9. Propuesta del perfil geológico para la transecta magnetotelúrica realizada en este trabajo.

- University.
- Conti, B. (2008). Caracterización faciológica y estructural del magmatismo Mesozoico en la región de Lascano. Undergraduate thesis, UdelaR, 85 pp.
- Corbo, F. (2006). Modelo geofísico del Acuífero Guarani: zona comprendida entre Uruguay y Argentina. Tesis maestría. UNAM. 155 pg
- Correa, M. (2009). Análise gravimétrica e magnetométrica da região sul da província costeira do Rio Grande do Sul, setor Sudoeste da Bacia de Pelotas. Tesis Maestria em Geociencias.
- Correa, M., Tomazelli, L., Uberti, A. & Guimaraes, Barboza, E. (2009). Integracao de métodos potenciais (gravimetria e magnetometria) na caracterizacao do embasamento da regio sudoeste da Bacia de Pelotas, Sul Do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica* 27(4): 641-657.
- de Santa Ana H. (1989). Consideraciones tectónicas y deposicionales de la Cuenca Norte uruguaya. *Boletín Técnico de ARPEL*, 18(4): 319-339.
- de Santa Ana, H., Goso, C. & Daners, G. (2006). Cuenca Norte. Estratigrafía del carbonífero-pérmico. Veroslavsky G, Ubilla M & Martínez S (eds.): *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Paleozoico*, cap V.
- Goso, H. (1970). Cuaternario. Prog. de Estudio y Levantamiento de Suelos, Montevideo, 12pp
- Hales. (1973). A anomalia gravitacional Chu'i, Rio Grande do Sul. DNPM, 1º Distrito Extremo Sul. Relatorio Interno, n. 24.
- Harrington, H. (1956). Uruguay. En: W, Jenks (Ed.), *Handbook of South American geology. An explanation of the geologic map of South America. Memories of the Geological Society of America* 65: 115-128
- Infantozzi, C. & Valverde. (1995). Informe Anomalia Gravimétrica Laguna Merín, Lascano Rocha. DiNaMiGe, Montevideo.
- Introcaso, H. & Huerta, E. (1982). Interpretación del exceso de gravedad en Uruguay. V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, Actas IV: 87-104.
- Jones, G, (1956). Memoria explicativa de y mapa geológico de la región de Oriental del Dpt. de Canelones. *Boletín* 34.1:193. IGU, Montevideo, Uruguay.
- Masquelín, H., Silva A.O.M, Porcher, C, Fernandes, I, & Morales, E. (2001). Geología y geotermobarometría de la Suite Metamórfica Chafalote, Basamento prebrasiliano, Sureste del Uruguay III. Congreso Uruguayo de Geología y XI Congreso Latinoamericano de Geología, Montevideo, Uruguay. CDAbstracts, 191.
- Medina, E & Pirelli, H. (1995). Anomalia gravimétrica de la Cuenca Laguna Merín. DINAMIGE.
- Muzio, R. & Artur, A. (1998). Actas de 2º Congreso Uruguayo de Geología: 145-150, Punta del Este.
- Muzio, R., Conti, B., Scaglia, F. & Morales, E. (2008). Las calderas de Lascano – Sierra de los Ajos, Cuenca Laguna Merín (SE- Uruguay). *Revista de la SUG*. No 15, p 54-62.
- Muzio, R., Peel, E., Morales, E., Veroslavsky, G. & Conti, B. (2009). Mesozoic Magmatism in East Uruguay: Petrological Constraints related to the Sierra San Miguel Region. *Earth Sciences Research Journal*. 13:1629.
- Pous, J. & Marcuello, A. (2003). El método magnetotélúrico: descripción y aportaciones en investigaciones de ámbito regional. *Boletín Geológico y Minero*, 114.
- Reitmayr, G. (1989). La Anomalia Gravimétrica en el Extremo Sur de la Laguna Merín (Uruguay/Brasil). *Anais - 1º Congr. Soc. Brasil. Geofis.*, 544-549.
- Reitmayr, G. (2001). Una espectacular peculiaridad uruguaya: la anomalia gravimétrica de la Laguna Merín. 15º Congreso Latinoamericano de Geología, 3º Congreso Uruguayo de Geología, Actas Digitales, Montevideo.
- Rossello, E., de Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. (1999). El lineamiento Santa Lucía Aiguá Merín (Uruguay): Un rifting transtensivo Mesozoico abortado durante la apertura atlántica?, V Simposio sobre el Cretáceo do Brasil I Simposio sobre el Cretácico de América del Sur, pp. 443-448, Serra Negra, Brasil.
- Rossello, E., de Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. (2000). El lineamiento Santa Lucía Aiguá Merín (Uruguay): un corredor tectónico extensivo y transcurrente dextral precursor de la apertura Atlántica. *Revista Brasileira de Geociencias*, 30 (4): 749-756.
- Rossello, E., Veroslavsky, G., Masquelín, H. & de Santa Ana, H. (2007). El corredor tectónico jurocretácico Santa Lucía Aiguá Merín (Uruguay): evidencias cinemáticas transcurrentes dextrales y controles estructurales preexistentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62 (1): 92-104.
- Sánchez Bettucci L & Muano, A. (1993). Análisis sedimentológico y faciológico de la Formación Rocha (ex Grupo Rocha). *Rev Bras Geoc* 23:323-329.
- Sánchez Bettucci, L., Peel, E. & Oyhantçabal, P. (2010). Precambrian geotectonic units of the Río de la Plata craton, *International Geology Review*, 52: 1, 32-50.
- Veroslavsky, G., de Santa Ana, H. & Rossello, E. (2004). Depósitos del Jurásico y Cretácico Temprano de la región meridional de Uruguay. El lineamiento Santa Lucía-Aiguá-Merín. En Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (eds.) *Cuencas sedimentarias del Uruguay, Mesozoico*. 2 Ed. Montevideo, DIRAC, Facultad de Ciencias, p.117-134.
- Veroslavsky, G., De Santa Ana, H., Rossello, E.A. (2004). Depósitos del Jurásico y Cretácico Temprano de la región meridional de Uruguay. El lineamiento Santa Lucía-Aiguá-Merín. En Veroslavsky, G.; Ubilla, M.; Martínez, S. (eds.) *Cuencas sedimentarias del Uruguay, Mesozoico*. 2 Ed. Montevideo, DIRAC, Facultad de Ciencias, p.117-134.

- Veroslavsky, G., Rossello E. & de Santa Ana, H. (2002). La Anomalia Gravimétrica de la Cuenca Laguna Merín (Uruguay): Origen y Expectativas en la Exploración Mineral. *Revista Geológica Uruguaya*. 1 (2).
- Vozoff, K. (1972). The magnetotellurics method in the exploration of sedimentary basin. *Geophysics*,37:98141.