

II Congreso de Agua Ambiente y Energía, AUGM

Uso de tomografía geoelectrica para generar el modelo conceptual hidrogeológico en cuencas forestales

Santiago Ford, Agustín Menta, Jimena Alonso, Luis Silveira

IMFIA-Facultad de Ingeniería-UDELAR, Uruguay, sford@fing.edu.uy.

RESUMEN: Desde la década del 90 Uruguay ha estimulado el aumento de la forestación con fines industriales, generando la sustitución de campo natural con un efecto sobre los procesos hidrológicos y de recarga de agua subterránea. Por este motivo, desde el año 2006 se ha llevado adelante el monitoreo de microcuencas experimentales por parte del IMFIA-UdelAR, que consiste en evaluar el impacto de la forestación en las variables hidrológicas y edáficas.

Una componente importante dentro del ciclo hidrológico es el agua subterránea. El principal objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento del acuífero que se está monitoreando y diseñar piezómetros para el monitoreo de la piezometría. Para esto, se empleó el método geofísico de tomografía de resistividad eléctrica (TRE). La técnica de tomografía eléctrica demostró ser una herramienta rápida y precisa en el estudio indirecto del medio subterráneo y permitió el diseño de los piezómetros para su construcción.

PALABRAS CLAVE: Tomografía Geoelectrica, Piezometría, Forestación.

1 INTRODUCCIÓN

Desde el año 2006 se ha realizado el monitoreo de las variables hidrológicas y edáficas en cuencas forestales en el departamento de Paysandú [1]. Este monitoreo se realiza en dos cuencas de características similares donde el uso de suelo es forestación industrial y pasturas naturales.

Una de las variables hidrológicas a considerar dentro del ciclo hidrológico es el agua subterránea y su interacción con la hidrología superficial y la forestación. Una herramienta a utilizar es la evaluación y monitoreo de los niveles piezométricos.

Previamente se disponía de un mapa de geología de superficie a escala 1:50.000, donde se describieron las formaciones Guichón y Mercedes. La formación Guichón, comprende una secuencia sedimentaria integrada desde areniscas conglomerádicas hasta pelíticas. La litología dominante corresponde a areniscas feldespáticas a arcósicas, medias a finas, arcillosas, de color rojizo. Esta unidad se apoya discordantemente sobre los basaltos de Arapey y es cubierta en forma también discordante por la formación Mercedes. La formación Mercedes, se integra predominantemente por rocas calcáreas en general arenosas, aunque localmente la fracción detrítica puede llegar a conglomerádica; con tenores de cementación CaCO_3 y parcialmente están afectadas por silicificación diagenética comunes a las rocas cretácicas. En esta zona del país esta Formación se apoya discordantemente sobre Guichón, unidad a la que transgrede para apoyarse sobre Arapey.

Por otro lado, existe escasa información de la geología en profundidad y del comportamiento hidrogeológico, acotándose a los perfiles de los piezómetros existentes que no superan los 5

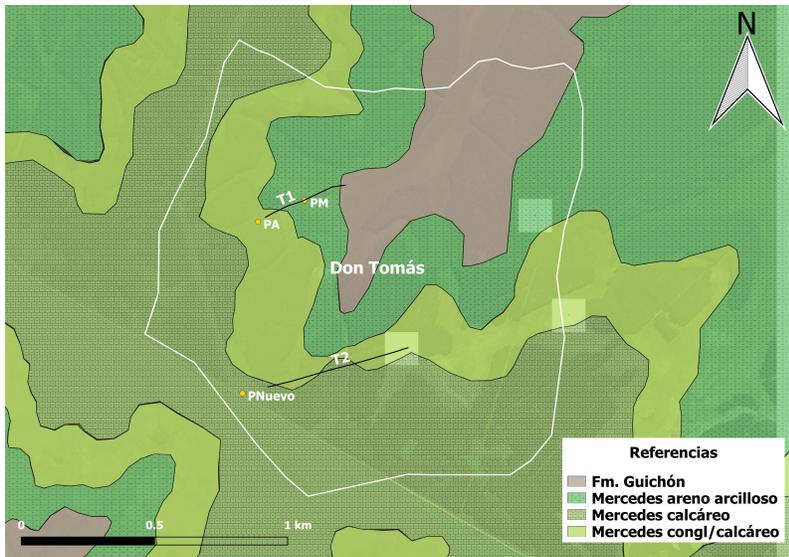


Figura 2: Carta geológica de la cuenca Don Tomás. Escala 1:50.000.

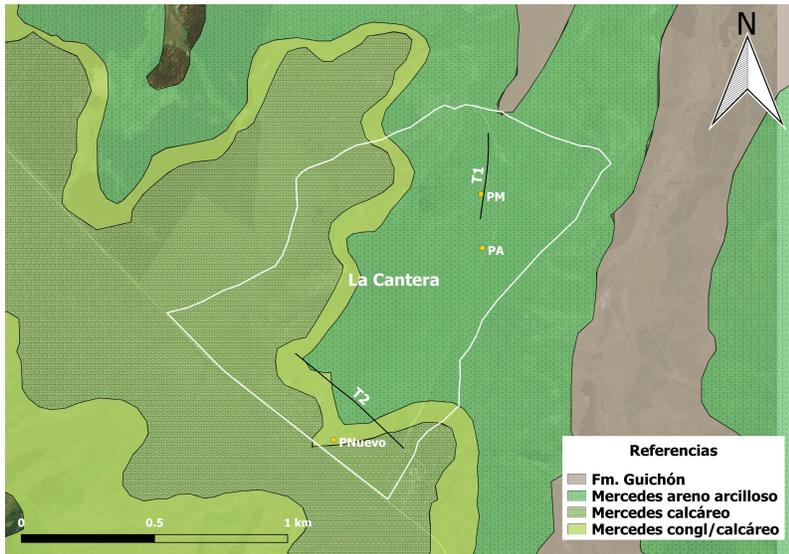


Figura 3: Carta geológica de la cuenca La Cantera. Escala 1:50.000

3 METODOLOGÍA

Los estudios realizados se basan en el método de TRE. Este método consiste en medir la Resistividad Aparente (RA) con un dispositivo tetraelectrónico determinado y con una separación constante entre electrodos. Los datos son tratados por medio de algoritmos matemáticos de Inversión arrojando como resultado un perfil 2D de resistividades y profundidades verdaderas que se puede correlacionar con la información geológica, perforaciones, geoquímica, hidrogeología y edafología conocidas.

En cada una de las cuencas se realizaron dos TRE, donde una de ellas se realizó sobre la transecta que une los tres piezómetros existentes y la restante se realizó en la zona de la cuenca alta (Figuras 4 y Figura 5). Las mediciones tomográficas se llevaron a cabo mediante el equipo WDJJ-3/WDZJ-3, realizándose 4 secciones, con distintos métodos de colecta de datos. En ambas cuencas, la separación entre electrodos fue de 6 metros en la tomografía 1 y de 10 metros en la tomografía 2, alcanzando 330 y 550 metros de apertura respectivamente. Los arreglos utilizados fueron el Wenner Alpha, Wenner Beta y Wenner Gamma. Para la interpretación de los datos y la realización de la inversión, se utilizó el programa RES2DINV.

Conociendo la litología predominante de cada unidad geológica, se asociaron los valores de resistividades obtenidos a cada una de las formaciones.

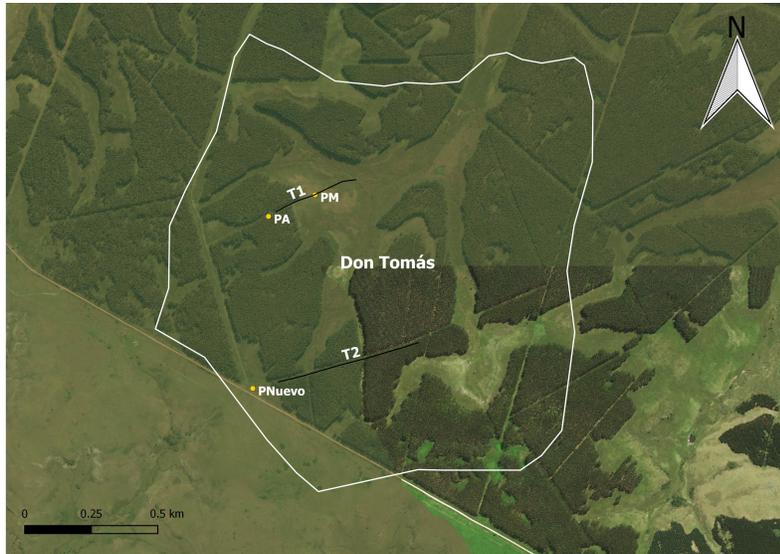


Figura 4: Tomografías y piezómetros realizados en la cuenca Don Tomás.

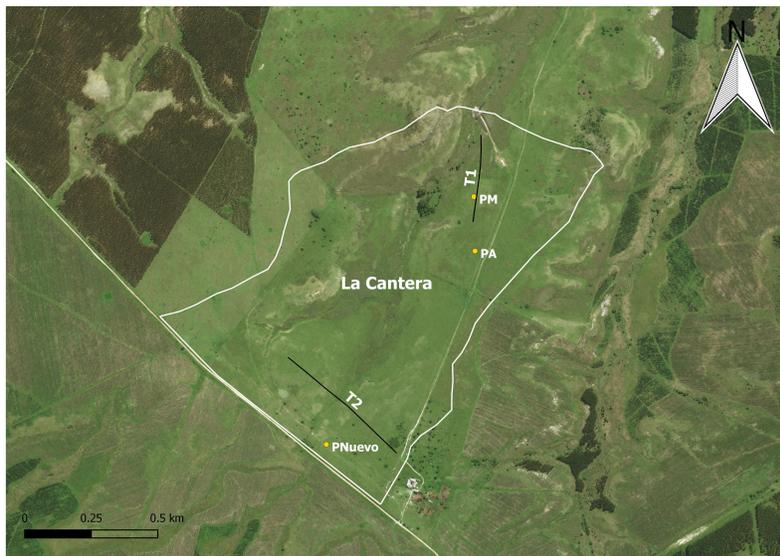


Figura 5: Tomografías y piezómetros realizados en la cuenca La Cantera

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La formación Mercedes presenta resistividades variables en cada cuenca según el grado de consolidación y cementación. Los estratos menos consolidados presentan valores inferiores a 40 ohm.m y en algunos casos los estratos más consolidados alcanzan valores de resistividad de 250 ohm.m. La formación Guichón presenta valores de resistividad relativamente más homogéneos con valores de resistividad máximos de 20 ohm.m. (Figura 6)

Estos valores son consistentes con los rangos presentados por Orellana [4] para areniscas y calizas (100-5000 ohm.m) en el caso de la Fm. Mercedes y el descenso provocado por la arcillosidad presente en la Fm. Guichón.

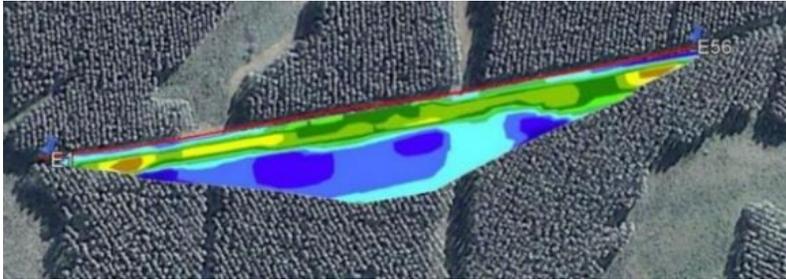


Figura 6: Procesamiento de los datos correspondientes a la Tomografía 2 (DT) utilizando un arreglo Wenner Alpha.

A partir de los resultados obtenidos con las TRE, se diseñaron y realizaron tres piezómetros en cada cuenca siguiendo las normas establecidas por EPA (U.S. Environmental Protection Agency). En cada cuenca, dos de los piezómetros se realizaron en la zona baja en la transecta de la TRE 1 con el objetivo de evaluar los diferentes niveles piezométricos de la Fm Mercedes. Por este motivo sus zonas filtrantes se emplazaron a diferentes profundidades en cada piezómetro. En uno de los piezómetros (Alto en Figura 4 y Figura 5) se emplazó la zona filtrante para evaluar los niveles colgados del medio subterráneo y en el otro (Medio en Figura 4 y Figura 5) su zona filtrante se emplazó en la zona de contacto entre la Fm Mercedes y Fm. Guichón.

Para evaluar el posible flujo subterráneo desde el exterior se realizó en cada cuenca un piezómetro (Nuevo En Figura 4 y Figura 5) en la transecta TRE 2, emplazando la zona filtrante en el contacto entre las formaciones Mercedes y Guichón.

Los resultados obtenidos del trabajo se resumen en la tabla 1. La ubicación de los piezómetros realizados se muestran en la Figura 4 y Figura 5. La Profundidad inferida en metros es a partir del análisis de las TRE en cada sitio y la Profundidad Real en metros es lo observado a pie de pozo al momento de la construcción de los piezómetros.

Tabla 1. Resultados.

Piezómetro	Profundidad estimada (m)	Profundidad observada (m)
DT Nuevo	25-30	28,5
DT Medio	10-15	13,5
LC Nuevo	25-30	25
LC Medio	10-15	13

5 CONCLUSIONES

A partir de los perfiles obtenidos en las TRE realizadas, se observa que el medio presenta cierta homogeneidad en cuanto a las estructuras geofísicas y a los rangos de resistividades obtenidos para cada formación. Todos los perfiles tomográficos son consistentes con la geología de superficie relevada en estudios antecedentes.

En todas las TRE se puede evidenciar el contraste resistivo en función de las diferentes unidades geológicas existentes en la zona.

Los resultados obtenidos permitieron diseñar la red de piezómetros, estimando la profundidad de contacto entre las unidades geológicas. El perfil litológico obtenido en las perforaciones realizadas tienen un alto grado de coincidencia con lo determinado a partir de las mediciones de TRE. La red de piezómetros permitirá evaluar los diferentes niveles piezométricos para la formación Mercedes en la microcuenca de monitoreo así como el posible flujo de aporte subterráneo externo a la microcuenca.

La técnica aplicada no permitió determinar con exactitud la profundidad del nivel freático. Esto se pudo deber a la configuración electródica empleada o a la heterogeneidad litológica de la Fm. Mercedes en la zona. Para lograr este objetivo se podría aplicar la combinación de métodos geofísicos. Sin embargo, la TRE demostró ser una herramienta rápida y precisa para conocer las características del medio subterráneo.

6 AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto Indicadores ambientales multiescala de la forestación en el Uruguay financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación ANII.

7 REFERENCIAS

- [1] Orellana, E., 1972. Prospección geoelectrica en corriente continua, Paraninfo, Madrid, ISBN: 84-283- 1153-6.
- [2] PDT, 2008. Indicadores hidroambientales de manejo forestal sustentable de las plantaciones de eucalyptus en el Uruguay.
- [3] Ramos, J., 2016. Tesis de master en geofísica aplicada: "Caracterización geólogo-geofísica de un sector del sistema Acuífero Salto-Arapey mediante el empleo del sondeo audiomagnetotelúrico y técnicas geomáticas." Cujae, La Habana, Cuba.
- [4] Silveira, L, et al, 2016. Substitution of natural grasslands by Eucalyptus plantation and its effects on groundwater recharge and water budget in the west region of Uruguay.
- [5] Zuñiga, R., 2011. Detección de zonas de riesgo en la ciudad de Guatemala, Tesis de Ingeniería Geofísica, UNAM, México.