

¿Qué hay bajo tierra? Cómo saberlo usando electricidad

Silvana Geuna¹, Alejandro Aramayo¹, Luis Alvarado¹, Leonardo Elías¹

¹ Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa – CONICET). E-mail sgeuna@hotmail.com, alejandro.aramayo@conicet.gov.ar, luisrubenalvarado246@gmail.com, leoelias9008@gmail.com

Recientemente el área de Geología de IBIGEO incorporó un nuevo equipo para la prospección geoelectrica. Se trata de un Resistivímetro digital, modelo GEOMETER MPX-400 de la empresa argentina PONTI Electronics. Este equipo utiliza la electricidad generada por una batería de 12 V, para crear un circuito eléctrico con el terreno y poder medir así la resistencia eléctrica de los sedimentos y rocas por los cuales circula la corriente.

Las principales causas de anomalías en la resistencia eléctrica de los materiales geológicos son la presencia de fluidos, generalmente agua, en especial si ésta contiene sales, y la presencia de elementos metálicos. Por eso este método tiene gran aplicación en la detección de agua subterránea y en la prospección minera. En nuestro caso, intentaremos aplicarlo indirectamente para la detección de discontinuidades geológicas en el subsuelo, considerando que si hay una discontinuidad (falla), ésta puede poner en contacto lateral a unidades que tienen distintos contenidos de fluidos, o incluso la falla misma puede actuar como una zona de mayor acumulación/circulación de fluidos. Estas situaciones deberían reflejarse en anomalías de la resistividad eléctrica medida en la superficie.

Ya hicimos nuestras primeras experiencias. El equipo está compuesto de varias partes a transportar (Figura 1). Lo más importante es la consola que permite, por un lado, regular la corriente suministrada y, por el otro, medir el voltaje generado; pero también se necesita una fuente de energía (batería), cientos de metros de cable, y varios electrodos, que en nuestro caso fueron estacas de cobre de 50 cm de longitud.

La *resistencia* eléctrica es una medida de cuánto se opone un material a que la corriente circule por él. La *resistividad* eléctrica de un material es la resistencia específica, es decir, la resistencia por unidad de volumen



Figura 1. Todos los elementos que componen el resistímetro digital montados en nuestro vehículo utilitario

Los electrodos se hincaron en el terreno para configurar el circuito. No se ubicaron caprichosamente, sino que se respetaron ciertas distancias entre ellos, con las que luego estimamos cuál fue el volumen de roca por el que circuló la corriente, lo que se llama factor geométrico. Por eso el primer paso, una vez establecido el sitio a relevar, consistió en medir con cinta métrica, para luego hincar los electrodos en los lugares marcados, usando una maza para asegurarnos de que el contacto entre el electrodo y el terreno fuera lo más perfecto posible. Ocasionalmente es necesario mejorar el contacto regando el electrodo con agua salada (Figura 2).

Conectamos cada electrodo a la consola a través de un cable; el contacto entre el cable y el electrodo se consigue utilizando una pinza tipo cocodrilo. Para cada medición se usaron cuatro electrodos: dos para inyectar la corriente (electrodos de corriente A y B) y dos para medir el voltaje (electrodos de potencial M y N). Por lo tanto, tuvimos que desplegar cuatro rollos de cable, que se conectaron a cada uno de los electrodos (Figuras 2 y 3).

Una vez desplegado ese tendido, realizamos la medición: se inyectó corriente, se midió el voltaje (la diferencia de potencial generada por la corriente intentando circular) y con eso, más la posición relativa de los electrodos (factor geométrico K) se calculó el valor de resistividad eléctrica aparente ρ_a para el terreno en ese punto. La medición es muy rápida, apenas un par de segundos. Pero un

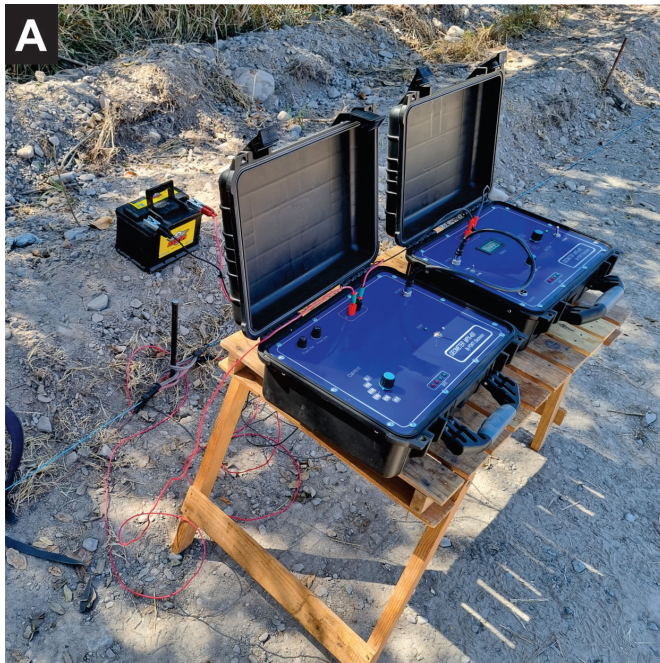


Figura 2. A, la doble consola del resistivímetro digital; a la izquierda, para controlar el suministro de corriente, y a la derecha, para registrar la diferencia de potencial. Las dos consolas están sincronizadas a través de un cable, y se conectan a una batería externa. B, desde el centro del tendido, marcado con una estaca, salen los cables que se conectan a cada uno de los cuatro electrodos. C, los electrodos se dispusieron a distancias variables del centro del tendido, a lo largo de una línea. D, detalle de la conexión entre el electrodo de potencial N y el cable; a la derecha del rollo se observa un cable de otro color (marrón) que va hacia el electrodo de corriente B

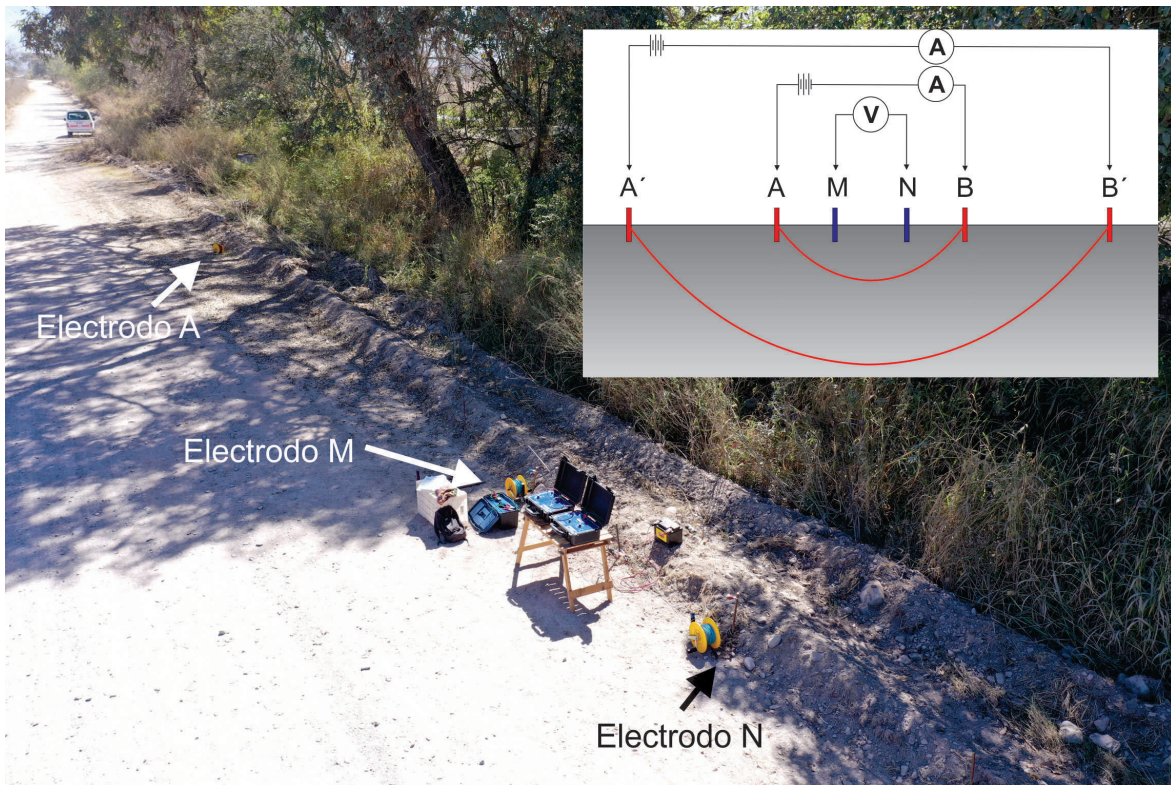
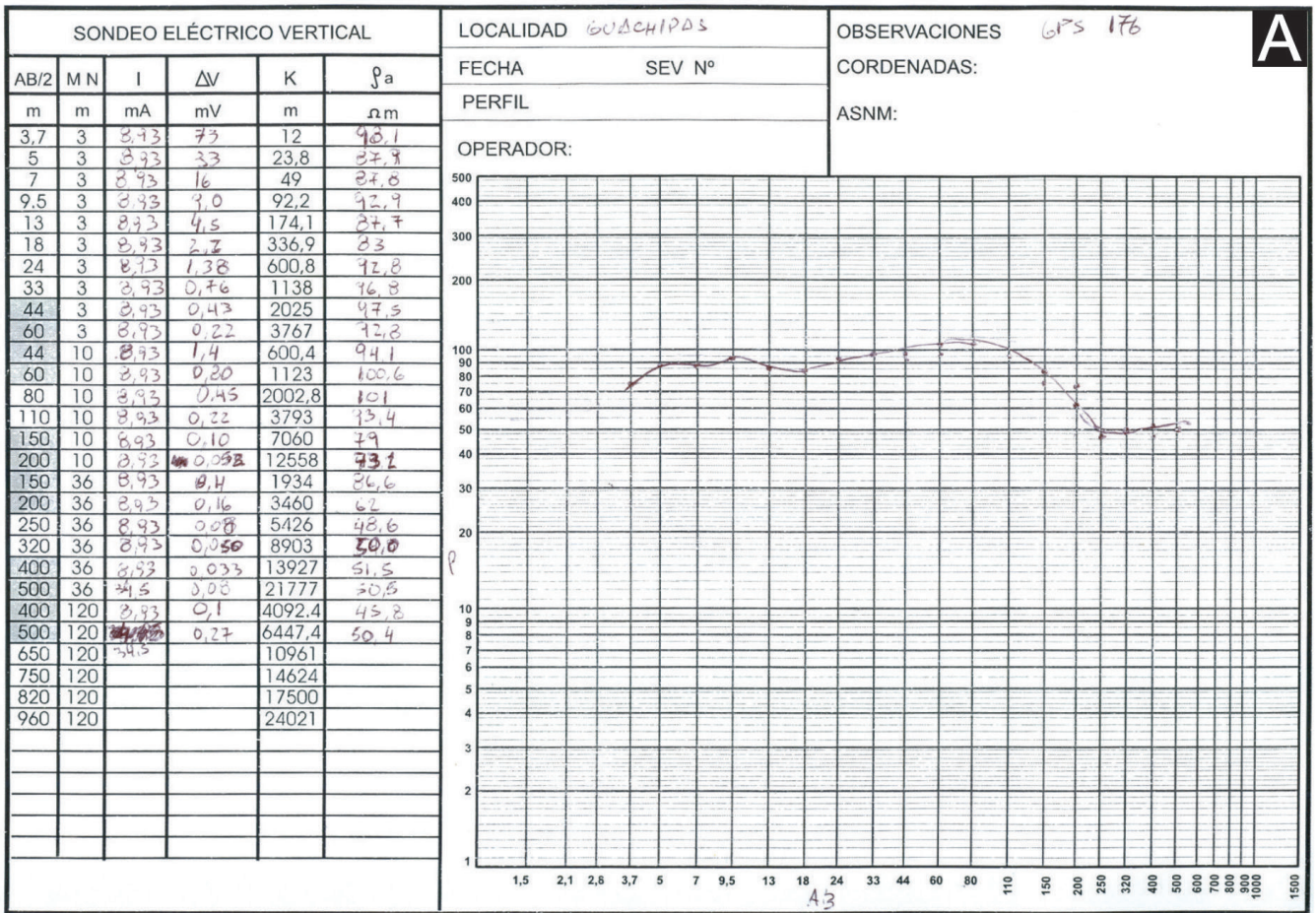


Figura 3. Vista general del tendido. El resistímetro situado en el centro; a ambos lados de éste y a una corta distancia, los electrodos de potencial, M y N. En el extremo izquierdo se observa el electrodo de corriente A; el electrodo B se sitúa en el extremo derecho, fuera del cuadro de la foto. Arriba a la derecha, el esquema de la medición en que se ilustra la toma de dos datos: uno usando A-B (conectados a un amperímetro **A** que mide la corriente) y M-N (conectados a un voltímetro **V** que mide la diferencia de potencial); esta combinación de electrodos registra un valor de resistividad más superficial; la segunda combinación usa A'-B' y M-N, y registra la resistividad de niveles más profundos, porque A' y B' están más separados

único valor no es suficiente: se debe verificar los cambios en la resistividad al modificar la posición/ubicación de los electrodos. En esta primera experiencia, quisimos evaluar cómo cambiaba ρ_a a medida que ampliábamos la separación entre los electrodos de corriente (A y B). Cuanto mayor es la separación, más profundo penetra la corriente, por eso la variación de ρ_a versus distancia $AB/2$ se puede considerar un indicio de cómo cambia la resistividad eléctrica del terreno con la profundidad. Fuimos monitoreando ese cambio con el gráfico de la figura 4 (A). Esta técnica de relevamiento se llama *sondeo eléctrico vertical* (SEV). Con la potencia de este equipo y con 1000 metros de separación entre A y B, se estima que pudimos llegar hasta unos 200 metros de profundidad. Para mover cables, electrodos y alternar conectores trabajamos entre 2 y 4 personas. Uno de nosotros operó la consola, coordinando el movimiento de todos los demás a través de *handies*, y llevó el registro de los resultados.

Al regreso del campo, realizamos un modelo geológico para explicar la curva de ρ_a obtenida del SEV. Esto es, generar "unidades geoelectricas" en forma de capas con distintos valores de resistividad,



Resistividad aparente ρ_a (Ωm)
Resistividad ρ (Ωm)

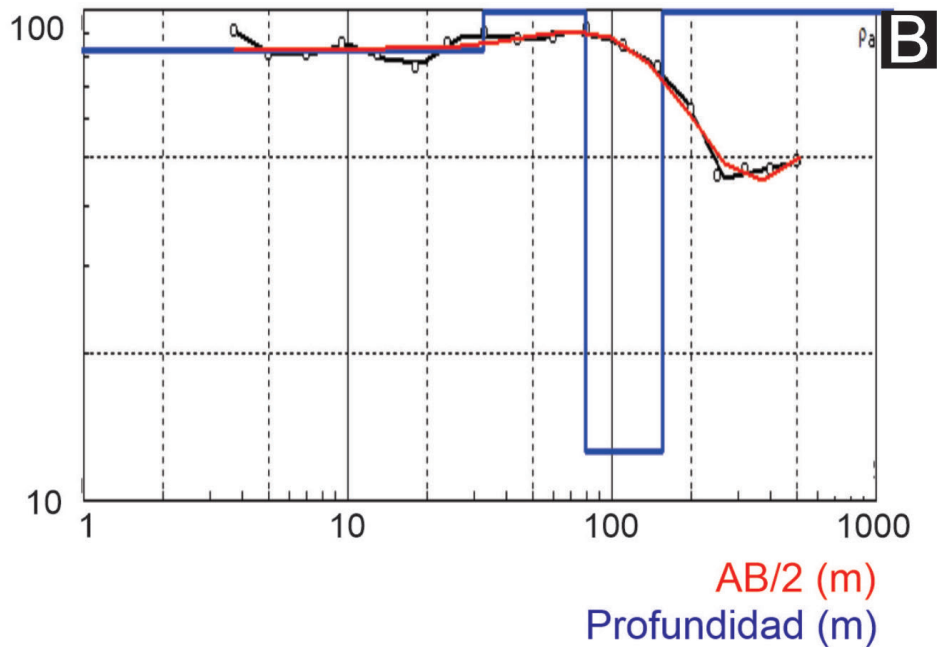


Figura 4. Resultado de un sondeo eléctrico vertical y su análisis. A, planilla de campo, con el registro de distancias, valores de intensidad de corriente, diferencia de potencial, y cálculo de factor geométrico K y resistividad aparente. B, la misma curva ilustrada en A (gráfico logarítmico de resistividad aparente versus distancia entre electrodos Ay B), procesada con software Ipi2win, y a la que se le superpuso el modelo geológico; los tramos verticales de la línea azul marcan la profundidad a la que se encontrarían las superficies en las que cambia la resistividad eléctrica

acomodando los espesores y resistividades de las capas de manera que produzcan una curva de ρ_a similar a la de la planilla. En la figura 4 (B), la línea azul es el modelo de capas geoelectricas, y la curva roja es la resistividad calculada a partir de ese modelo de capas. Se buscó ajustar lo mejor posible esa curva roja, con la curva de la planilla de campo, que es la línea negra con puntos. En el modelo final se ve que el terreno por debajo de nuestro SEV se caracterizó por una resistividad eléctrica de entre 80 y 100 Ωm , y se destaca una capa situada entre los 80 y 150 metros de profundidad, y que tiene una resistividad menor, del orden de 15 Ωm . Interpretamos que esa menor resistividad podría indicar la presencia de agua, o de una capa más arcillosa, o ambas cosas.

Ya que buscamos discontinuidades, nuestro trabajo de campo consistirá en hacer varios SEV, a ambos lados de cada discontinuidad supuesta. Si obtenemos modelos geológicos diferentes a uno y otro lado, eso será evidencia a favor de la existencia de una discontinuidad.

El método requiere de un trabajo intenso y bien coordinado. Puede ser cansador, pero es una manera muy ingeniosa de poder inferir algunas características del subsuelo sin necesidad de realizar perforaciones, que serían muchísimo más dificultosas y costosas.