

RESULTADOS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE NUEVA TECNOLOGÍA EN ANDALUCÍA, ESPAÑA

(Results of geophysical methods of new technology in Andalusia, Spain)

Orestes Chávez Pérez

Instituto Técnico de Cooperación de Holanda ENIA, Rafael Morales # 242 Sur, Pinar del Río, Cuba
odalysca@princesa.pri.sld.cu

(Recibido Mayo 18 de 2007 y aceptado Septiembre 20 de 2007)

<p>Resumen: Este trabajo es una experiencia de la aplicación de métodos geofísicos con equipamientos de tecnología digital de avanzada, que fueron aplicados en el sureste de España en la región de Andalucía, entre los cuales se destaca el Polígono de Prácticas del Instituto Técnico de Cooperación de Holanda (ITCH).</p> <p>Se ejecutaron los métodos de resistividad (2D Resistivity Imaging), de Polarización Inducida (I.P.) y el Electromagnético en el dominio del tiempo (TDEM), obteniéndose cortes representativos y análisis hidrogeológicos del área. Las fotos aéreas e imágenes satelitales se manejaron con el software ILWIS.</p> <p>Los resultados se expresan a través de perfiles longitudinales como pseudocortes de resistividad y polarizabilidad para cada técnica. Los análisis e interpretación de resultados obtenidos con la información de la fotointerpretación aérea, permitieron identificar estructuras geológicas en la zona “Carboneras”, observando alineamientos relacionados.</p>	<p>Abstract: The work is an experience of the implementation of geophysical methods with equipment of digital technology advanced, which were applied in the southeast Spain in the region of Andalusia, Polygon practices of the Technical Institute for Cooperation in the Netherlands (ITCH).</p> <p>Implemented the resistivity methods (2D Resistivity Imaging), Induced Polarization (I.P.) and the Electromagnetic in time domain (TDEM), obtaining cuts representative and analysis of hydrogeological area. Aerial photos and satellite images are handled with the software ILWIS.</p> <p>The results are expressed through longitudinal profiles as pseudocortes of resistivity and polarizability for each technique. The analysis and interpretation of results obtained with the information from aerial photo, identified geological structures in the area “Carboneras”, noting alignments related.</p>
<p>Palabras clave: Geofísica, Resistividad, Polarización Inducida, Electromagnéticos.</p>	<p>Key words: Geophysic, Resistivity, Induced Polarization, Electromagnetic.</p>

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Técnico de Cooperación de Holanda (ITCH), en coordinación con la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas de Cuba (ENIA), por medio de estudiantes de Maestría en Geofísica, realizó investigaciones en Europa para la aplicación de métodos geofísicos utilizando tecnologías de punta.

El trabajo presenta los resultados obtenidos durante estas investigaciones, en el área “Carboneras”, Andalucía, España. Los resultados obtenidos fueron corroborados con la fotointerpretación de imágenes satelitales, que permitieron la realización de perfiles representativos del área, de los cuales, se describen algunos en este artículo.

El área de estudio está ubicada en la provincia de Almería al SE de España. Los perfiles geofísicos fueron situados al SW del municipio Níjar, muy próximos a la zona de fallas “carboneras”, se estudiaron los sectores “El Barranquete” y “San Isidro” (ver figura 1).

El clima del área investigada es subtropical, semiárido, cálido y seco, con una escasa presencia de nubosidad. El cielo prácticamente permanece azul y brillante.

El comportamiento histórico de las lluvias (periodo 1980-2007), varió de 520 mm al año, -según la estación de Málaga al oeste-, a 357 mm al año, en la estación de Alicante.

Hasta el momento, los sistemas de bombeo para el regadío no cumplen las expectativas, debido a que los estudios geofísicos

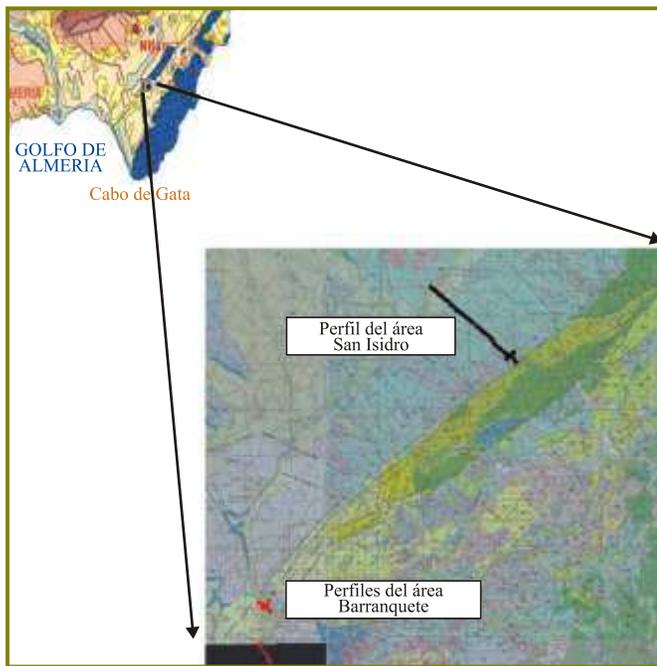


Figura 1. Ubicación de los perfiles en el contexto geológico.

son escasos y no aportan una idea clara sobre las características geológicas y geofísicas del área “Carboneras”.

Las condiciones del clima traen como resultado mayor salinización en la superficie del suelo, especialmente a lo largo del cauce de los ríos secos.

En el sureste de España se encuentra una región de cordilleras caracterizadas por un sistema de fallas complejo: vulcanismo del neógeno y formaciones sedimentarias.

El área de investigación está localizada en el basamento Níjar. Observaciones micro-tectónicas confirman el carácter inclinado de esta estructura tectónica.

La disposición a lo largo de la zona de falla de formaciones del neógeno-cuaternario, ofrecen un buen control sobre el período de las diferentes fases de activación de las fallas.

Según Velasco et al (1985), en ambos sectores: “El Barranquete” y “San Isidro”, los sedimentos están constituidos por arcillas, arenas, gravas y las interfases entre éstos.

Los fragmentos de sedimentos de estas secuencias son fundamentalmente de composición volcánica y el componente carbonatado está dado por fragmentos de calizas.

Durante el período cuaternario hubo cambios en el régimen tectónico de la zona, lo que propició que las facies expansivas se convirtieran en facies comprensivas.

En el área de estudio, las características estructurales con dirección N 40° - 50° fueron afectadas por las formaciones del cuaternario, y los perfiles fueron trazados sobre las formaciones sedimentarias del mismo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las técnicas geofísicas empleadas fueron:

- Método de resistividad (2D Resistivity Imaging)
- Método de Polarización Inducida (P. I.)
- Método Electromagnético en el Dominio del Tiempo (TDEM).

El método de resistividad, (2D Resistivity Imaging), fue utilizado para detectar las fracturas en las rocas y establecer la posible presencia de agua subterránea. Se trabajó con los equipos: Swift/Swing R1 (AGI) Earth Resistivity Meter from Advance Geoscience’s Incorporation, con sus accesorios e incluyendo un computador portátil. Para la adquisición de los datos se utilizó el dispositivo din pol con 18 electrodos y una distancia entre ellos de 15 m.

El método de polarización inducida, se empleó con la finalidad de mapear las principales zonas conductoras, y determinar la posible ubicación del estrato colector de las aguas subterráneas.

Los equipos que se emplearon en este método fueron: un generador Honda EM 4500, un transmisor VIP - 3000 (IRIS Instrument), un receptor ELREC Pro (IRIS Instrument), electrodos de corriente (varillas de acero inoxidable), electrodos de potencial de Pb - PbCl₂, y una computadora Laptop. Igualmente, se trabajó con el dispositivo Dipolo - Dipolo, utilizando 11 electrodos de Pb - PbCl₂ con orientación SE - NW. La separación entre electrodos fue de 15 m, con paso de medición de 15 m y la duración del pulso 2 segundos, con intensidades de corriente de 1,5 a 5 amperios.

El método electromagnético en el dominio del tiempo, fue usado por la posibilidad que brinda de trabajar en superficies altamente resistivas, además de constituir una poderosa técnica para el mapeo del subsuelo y de los estudios hidrogeológicos. Se utilizó el equipo: TEM - FAST Sistema, el cual es usado como transmisor y receptor de señales, una espira con dimensiones de 25, 50 y 100 metros y el sistema Ipaq, para el control y almacenamiento de datos.

Después de adquiridos los datos, éstos fueron procesados para su interpretación, usando el programa TEM - RES, que fue desarrollado y distribuido por Applied Electromagnetic Research. Se procesaron modelos para 8 capas horizontales mediante la sincronización del equipo donde se almacenaron los datos (TEM - 48CON). El programa convierte y edita los ficheros ASC II, a partir de éstos se confeccionaron los pseudocortes.

Línea 3: este perfil se desarrolla paralelo a la dirección del río, con dirección SE - NW y una longitud de 400 metros, en la que nos muestra la presencia de tres capas con valores bajos de resistividades aparentes (capa "L"), medios (capa "M") y altos (capa "H"), destacándose en las proximidades de las estaciones Ba7 y Ba10, la capa "H", la cual sufre un desplazamiento debido, posiblemente, a movimientos tectónicos.

Siguiendo la dirección NW en profundidad, se encuentra una capa bien definida que representa la presencia de un horizonte conductor. El fenómeno anterior, posiblemente sea producto de la intrusión salina, al igual que los perfiles anteriores. Esta línea también se estudio con el método de resistividad de imagen.

En el pseudocorte de la figura 4, se observa que se mantiene la presencia de las 3 capas vistas en el método anterior, también es posible apreciar con un marcado contraste el desplazamiento entre las estaciones Ba7 y Ba10, hecho que ratifica la presencia de este contacto y la continuación de los valores altos de resistividades aparentes en la dirección NW, siendo ésta una capa superficial.

Subyaciendo a ésta, se encuentra una capa de buena conductividad en la misma posición que aparece en la figura 5, lo cual

corroborar la posible presencia de aguas subterráneas en el lugar.

Línea 4: en esta línea el método de resistividad imagen fue aplicado de forma perpendicular a la línea 2 pasando sobre la estación 2 con dirección SE - NW, (ver figura 6).

Se presenta un pseudocorte de 3 capas, donde la capa superior presenta espesores que oscilan entre 10 a 30 metros y los valores más elevados de resistividades los presenta la capa "H", que se extiende en dirección NW la cual manifiesta un comportamiento irregular.

Subyaciendo a ésta, se presenta la capa "M", con valores medios de resistividades aparentes. Ésta se muestra desde la parte central del corte y se prolonga en dirección NW.

La tercera (capa "L"), se ubica por debajo de la anterior, y se caracteriza por los valores más bajos de resistividades con profundidades del orden de los 50 metros las cuales se extienden en dirección NW.

Ésta es una capa altamente conductora asociada con una zona donde existe la presencia de aguas subterráneas.

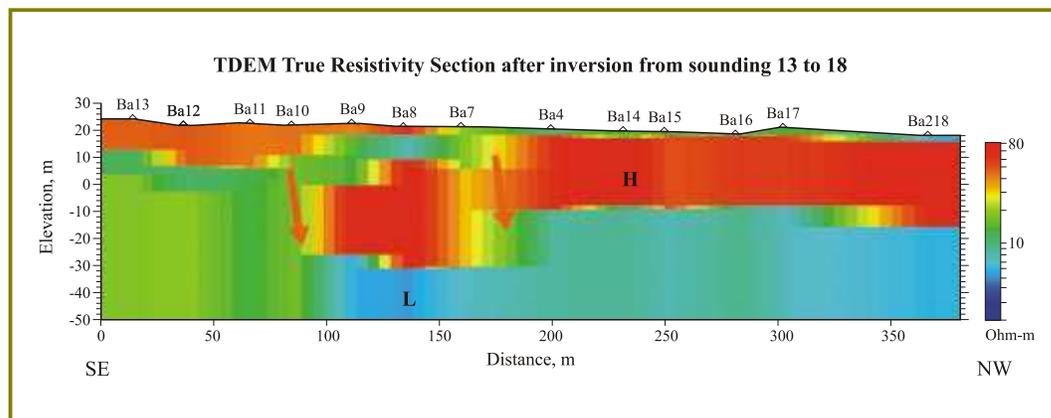


Figura 4. Perfil de resistividad en el sector "El Barranquete", Línea 3.

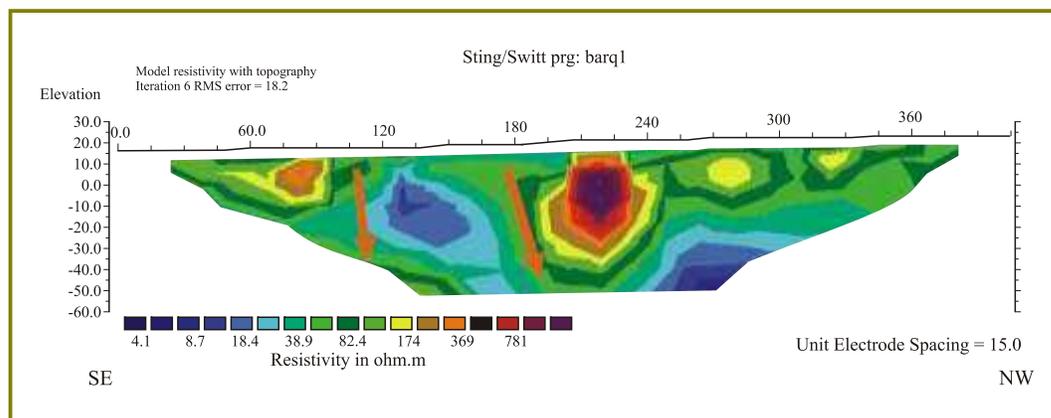


Figura 5. Perfil de resistividad imagen, en el sector "El Barranquete", Línea 3.

3.2 Sector “San Isidro”

Se presentan los resultados de un perfil que se ubicó desde las proximidades, perpendicular a la falla “Carboneras”, con dirección SE - NW y una longitud de 2500 metros.

El método electromagnético de dominio del tiempo cubrió todo el perfil; las demás técnicas usadas sólo se ejecutaron en diferentes secciones del mismo. Por lo que este servirá de base para la interpretación en conjunto de los datos y para el lugar donde éstos coinciden.

Observando el pseudocorte de resistividad obtenido con el método electromagnético, se aprecia que los valores registrados, se pueden diferenciar en tres capas caracterizadas por presentar valores que contrastan en índices bajos, medios y altos de resistividades aparentes, (ver figura 7).

En la parte SE del perfil, a una distancia entre 0-1000 metros, se muestra un bloque de alta resistividad “H”, en el cual existen ciertos desplazamientos internos que yacen a profundidades oscilantes entre 30-50 metros.

Se localiza en su parte superior, una capa con valores bajos de resistividades “L”, con un espesor que oscila entre 15-25 metros, siendo los valores más bajos registrados en el perfil.

En la parte superior, se localiza la capa “M”, con valores medios en el comportamiento de las resistividades aparentes.

El resto del perfil, en dirección NW, tiene un comportamiento más estable. En esta sección fue utilizado el método de Polarización Inducida (ver figura 8).

Acorde con los valores de los parámetros estudiados y logrando una profundidad de investigación de aproximadamente 40 metros, se pueden establecer diferencias en sus valores, dividiéndolos en bajos, medios y altos.

Se presenta una capa superior “A”, la cual presenta los valores más elevados para ambos parámetros, respuesta asociada a rocas de la cobertura del suelo altamente resistiva.

Para las profundidades de 20 a 30 metros se presenta la capa “B” y un estrato que posee entre 15-25 metros de espesor, el

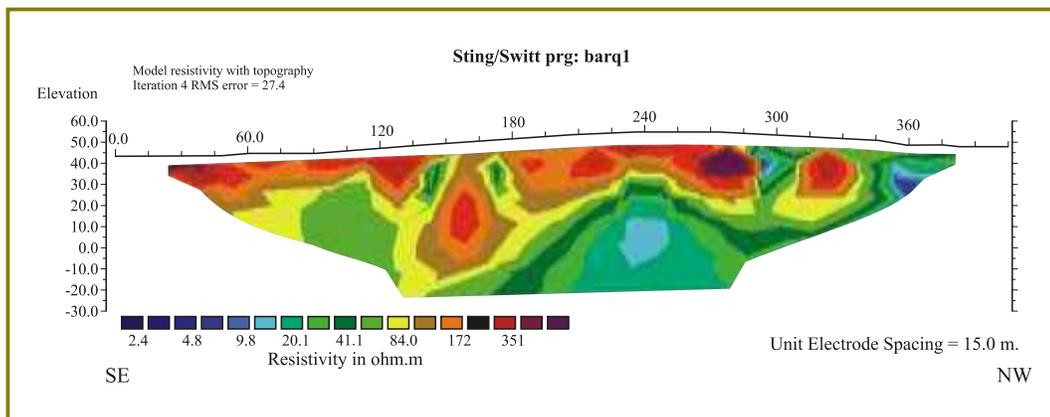


Figura 6. Perfil de resistividad imagen, en el sector “El Barranquete”, Línea 4.

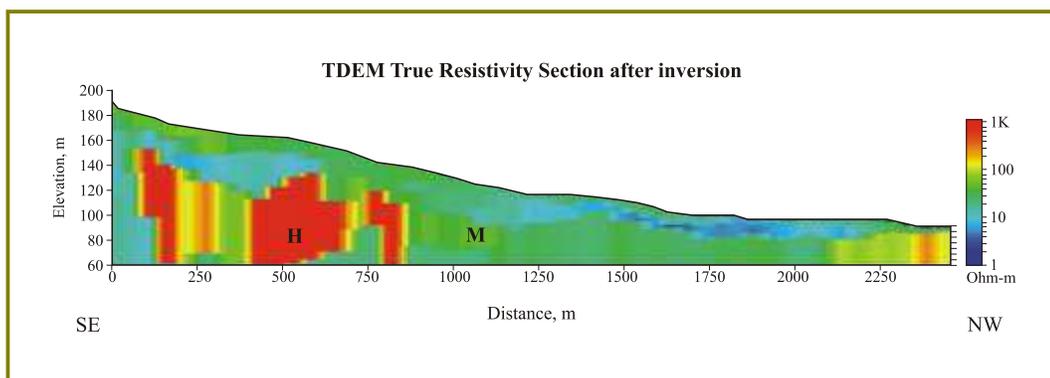


Figura 7. Pseudocorte de resistividad en el sector “San Isidro”.

cual está estrechamente relacionado con la posible presencia de aguas subterráneas. Estos valores tienen una estrecha relación con la capa "L" del método anterior.

En la parte inferior del corte se presenta una capa "C", la cual se localiza en la parte superior del bloque detectado para esta misma posición, por el método electromagnético en el dominio del tiempo.

Para la sección de 480-1080 metros fue usado el método de resistividad, en el cual se presentaron valores que permiten realizar la división de la sección en dos capas: una superior "A", que aparece entre 20 y 30 metros de profundidad, y la capa "B", que se ubica por debajo de la "A", y está caracterizada por valores altos de resistividades, pudiéndose observar que esta capa presenta varios epicentros anómalos, lo que posiblemente es ocasionado por un sistema de fallas locales (ubicado a una profundidad del orden de los 30-40 metros), -cuestión de interés desde el punto de vista tectónico-.

En la sección final del perfil, a una distancia de 1280-2380 metros, se ejecutaron los métodos descritos.

En el método electromagnético en el dominio del tiempo se presenta un bloque altamente resistivo, el cual tiene relación espacial con esta sección (ver figura 9).

En el método de resistividad (ver figura 10), es marcada la presencia de valores bajos, medios y altos de resistividades aparentes en toda la sección final, pero en general, es posible observar dos capas de interés.

Una capa "A" en la parte superior con 30 metros de espesor y valores bajos y medios de resistividades aparentes, en una forma irregular de manifestarse, debido posiblemente a la saturación presente en el área; por debajo de ésta, se encuentra la capa "B", con espesores promedio de 40 metros y valores elevados de resistividades. Presenta un carácter irregular, que posiblemente está asociado con desplazamientos tectónicos para esas profundidades.

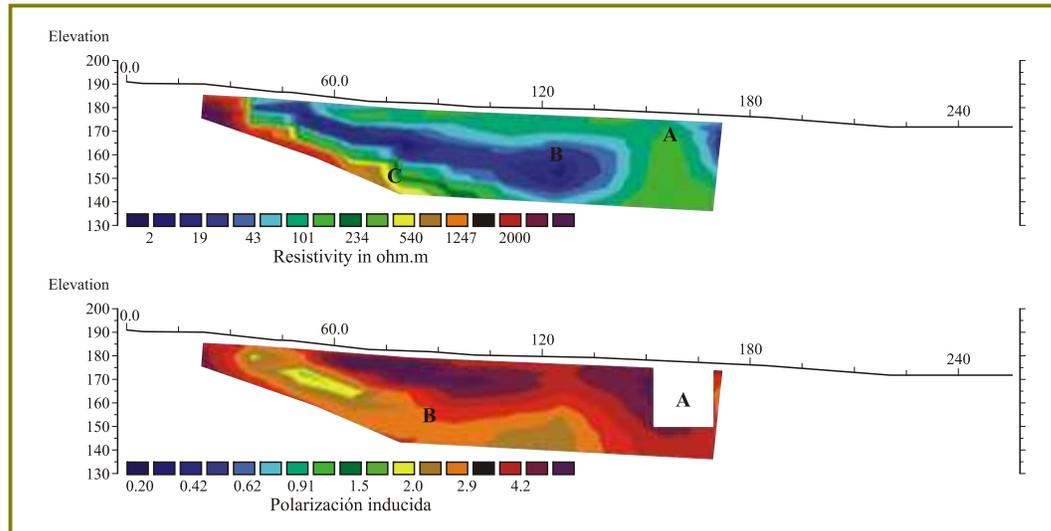


Figura 8. Pseudocorte de resistividades y de polarización inducida en el sector "San Isidro" para la distancia de 0 a 700 metros.

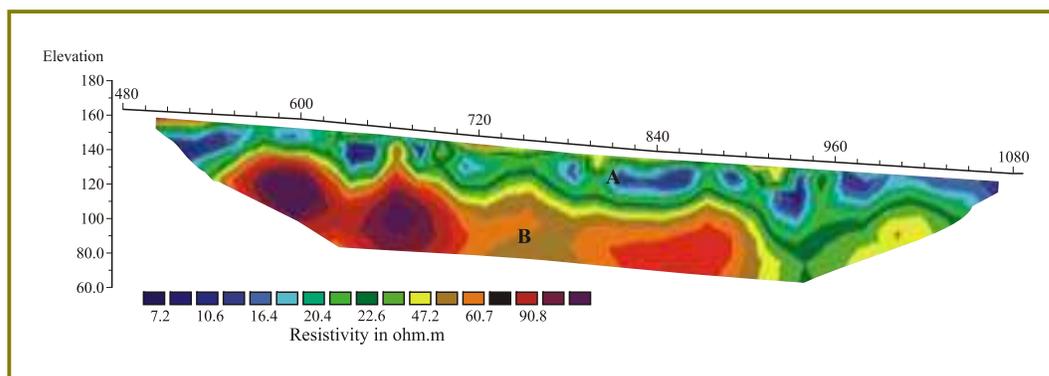


Figura 9. Pseudocorte de resistividad imagen en el sector "San Isidro", para la distancia de 480 a 1080 metros.

El método de Polarización Inducida (ver figura 11), muestra valores bajos, medios y altos de resistividades aparentes, siendo la profundidad de investigación de 50 metros.

Con este método fue posible diferenciar dos capas, la superior "A" con valores bajos y medios de resistividades a 20 metros de potencia, asociados posiblemente con la zona saturada y la capa "B", registrada con valores de medios a altos de resistividad, hasta una profundidad de 50 metros presentados en forma irregular. La ubicación de esta capa coincide con la detección por el método electromagnético.

Por el carácter irregular de las anomalías de polarización inducida, se puede decir que desde el punto de vista tectónico, este objeto se encuentra afectado.

En el caso de la tercera capa vista en el método electro-magnético la cual se localiza a profundidades mayores de 50 metros en dirección NW y con valores bajos de resistividades, podemos inferir la presencia de aguas subterráneas en esta sección.

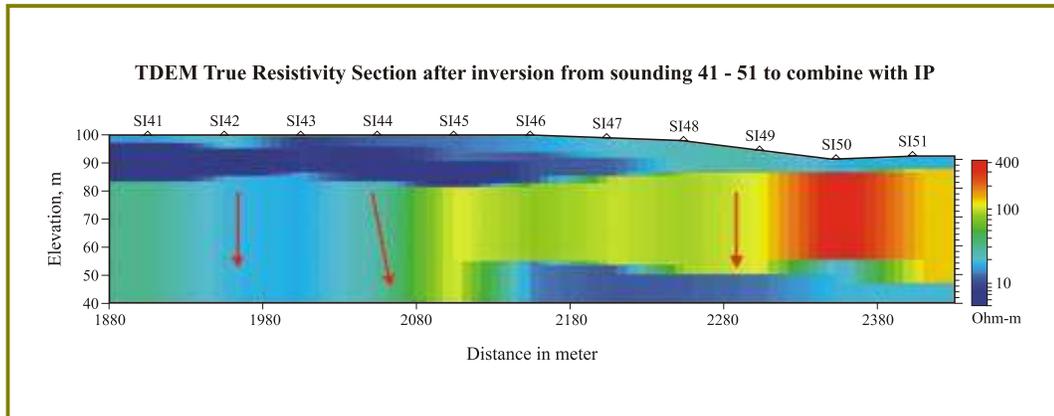


Figura 10. Pseudocorte de resistividad imagen en el sector "San Isidro", para la distancia de 1880 a 2380 metros.

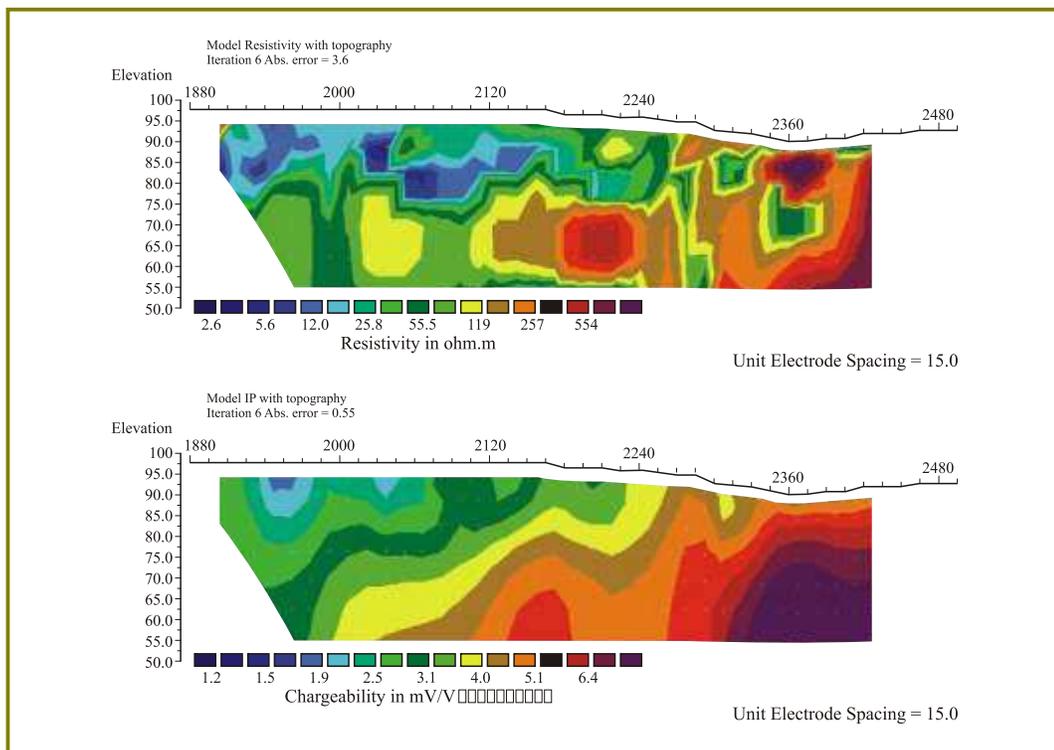


Figura 11. Pseudocortes de resistividades y polarizabilidades en el sector "San Isidro", para la distancia de 1880 a 2380 metros.

4. CONCLUSIONES

En los dos sectores de estudio, los métodos usados detectan la presencia de capas que se diferencian muy bien por el marcado contraste de sus propiedades.

En el sector “El Barranquete”, están muy claramente diferenciados los valores de resistividades aparentes bajos (entre 1-10 Ω m), medios (10-100 Ω m), altos (100-200 Ω m) y muy altos (>200 Ω m).

En el sector “El Barranquete”, la capa que presenta altos valores de resistividades, sufre desplazamientos ocasionados, posiblemente, por la presencia de las fallas encontradas, y por el agrietamiento del terreno en la parte superior del corte.

En el sector “El Barranquete”, para las profundidades de 20 a 30 metros -exactamente debajo del cauce del río-, se encontró una capa altamente conductora, asociada a la posible presencia de aguas subterráneas en dirección NW.

En el sector “El Barranquete”, revisando las fotos aéreas se pueden observar alineamientos en dirección SE - NW, lo que posiblemente indica la presencia de una vía a través de la cual la intrusión salina se dirige hacia el acuífero.

En el sector “San Isidro”, con todas las técnicas empleadas, se pueden definir tres capas con valores de resistividades: bajos (1-30 Ω m), medios (30-110 Ω m), altos (110-200 Ω m) y muy altos (>400 Ω m); y las polarizabilidades bajas (1-3 %), medias (3-6%), altas (3-9%) y muy altas (>9%).

Los parámetros de resistividad y polarizabilidad se comportan de forma inversa.

Los valores bajos de resistividades se asocian a las capas de arenas saturadas, los intermedios a las areniscas arcillosas, los altos a las areniscas y los más elevados a las gravas.

En el sector “San Isidro”, fue posible localizar desplazamientos tectónicos, así como zonas favorables para la acumulación de aguas subterráneas.

El complejo de métodos aplicados en estas investigaciones se considera efectivo para la determinación de fallas locales y regionales, espesores de capas y caracterización de litologías en cuanto a sus resistividades y polarizabilidades.

Es muy probable que las aguas subterráneas y la intrusión salina presentes, penetren a través de la falla “carboneras”, haciendo que las lluvias disuelvan las sales en la superficie del suelo, lo que enriquecerá el manto freático al convertirlo en un lugar más salado.

5. REFERENCIAS

- Bordehore, J. (2002). Técnicas geofísicas en el reconocimiento del subsuelo: Georadar y tomografías eléctricas. Casos prácticos. pp. 1- 22.
- Chávez Pérez, O. (2006). Métodos geofísicos para la búsqueda de aguas subterráneas en Andalucía, España. Ed. ITCH. Trabajo de Maestría en Ciencias Geofísicas.
- Petrásh, D. (2003). Investigación y Exploración de acuíferos kársticos a través de Métodos Geofísicos. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. (Universidad Central de Venezuela) pp. 1-54.