

APLICACION DE TECNICAS GEOFISICAS AL ESTUDIO DEL CUATERNARIO: PROSPECCION GEOELECTRICA MEDIANTE S.E.V. EN LA MARJAL DE OLIVA-PEGO (Valencia-Alicante)*

M. HERNANDEZ RUIZ (1), J. DEL VAL (1) & M.J. VIÑALS (2)

(1) Area de Ingeniería GeoAmbiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
C/ Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

(2) Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Apdo. 22060.
46080-Valencia

Resumen. La Marjal de Oliva-Pego, inserta en un sistema holoceno de restinga-albufera funcional en la actualidad, presenta una práctica ausencia de afloramientos que permitan elaborar paleorreconstrucciones específicas a nivel del Cuaternario, dado su carácter neotectónico subsidente. Se han realizado diez sondeos eléctricos verticales que, a pesar de su dificultad de interpretación en este tipo de áreas con elevado nivel freático y variaciones importantes en la salinidad de las aguas, han complementado la información previa existente, tanto en profundidad como en extensión superficial. Se diferencian seis unidades georresistivas con un cierto significado geológico, obteniéndose los espesores y profundidades en cuatro de ellas, así como la localización del sustrato precuaternario caracterizado por las otras dos.

Palabras clave: Prospección geofísica, marjal, Cuaternario, Oliva-Pego, Mediterráneo.

Abstract: The Oliva-Pego marsh, which is part of a still functional Holocene barrier-beach system, presents, because of its neotectonic trend, practically no sites that allow for specific quaternary palaeoreconstructions. Despite the interpretative difficulties in this type of landscapes with high phreatic level and important oscillations in the salinity of the water, ten prospections have been carried out using electric vertical cores. These cores have completed previous stratigraphical information from mechanical cores, both in depth and extension. Six georesistive units of geological significance defined by their thickness and depth have been found. Four of these belong to the sedimentation from the Quaternary period and the other are related to the Prequaternary substrate.

Key words: Geophysical prospecting, marsh, Quaternary, Oliva-Pego, Mediterranean.

*Este trabajo fué presentado en la VII Reunión Nacional sobre Cuaternario, celebrada en Valencia en septiembre de 1991, siendo hasta la fecha inédito. La adscripción de sus autores es la que correspondía en la fecha de presentación.

Introducción

El ámbito tecto-sedimentario reciente en el cual se encuentra inserta la actual marjal de Oliva-Pego, presenta un carácter neotectónico subsidente que ha condicionado la configuración estratigráfica de las distintas unidades existentes en profundidad.

Hasta la fecha se han realizado en la marjal cerca de 100 sondeos mecánicos, si bien la gran mayoría presenta un escaso alcance, condicionado por sus objetivos. La planificación y desarrollo de una campaña de sondeos de investigación por parte del Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia, con extracción de testigo continuo llegando a profundidades del orden de 50 metros, ha permitido un detallado estudio sedimentológico y unas primeras reconstrucciones estratigráficas sobre la evolución cuaternaria de la cuenca.

El desconocimiento de la disposición del sustrato y unidades existentes en profundidad, unido a los elevados presupuestos de estas campañas y los importantes espesores de sedimentos cuaternarios, ha requerido la utilización de técnicas de prospección del subsuelo de bajo coste y buen nivel informativo conforme los objetivos planteados.

En este sentido, se ha considerado oportuno complementar la información previa existente, tanto en profundidad como en cobertura superficial, mediante la realización de 10 sondeos eléctricos verticales (S.E.V.), apoyados en sondeos mecánicos, con configuración del dispositivo Shlumberger y distancia entre electrodos A-B de unos 400 m.

Las experiencias obtenidas en otras campañas de prospección geoelectrica con fines hidrogeológicos realizadas en el área de estudio (IGME, 1972; IGME, 1975; IGME, 1984), reflejan ciertas dificultades en la interpretación de las variaciones resistivas, consecuencia de los importantes cambios de salinidad existentes en el acuífero.

Asimismo, en un ámbito de características similares como es La Laguna de Venecia, otros autores (Blake *et al.*, 1981) plantean la especial problemática interpretativa geoelectrica en estas áreas litorales con elevado nivel freático y alta salinidad que, en ocasiones, aportan resultados del método no válidos.

En este sentido, dentro del marco del denominado "Programme Complementaire de Sondages Electriques, Régions de Sagunto et de Valencia-Alcira" (Astier, 1973), se señala la necesidad de perforaciones mecánicas que apoyen con su información la interpretación de los sondeos eléctricos, así como la consideración de las condiciones del acuífero y de calidad de las aguas para la obtención de resultados más precisos.

El enfoque metodológico de la campaña geofísica realizada ha requerido un especial interés en las etapas básicas de la investigación, realizando una cuidadosa selección de emplazamientos y un análisis de las alteraciones producidas por diversos factores (tuberías en la línea de emisión-recepción, heterogeneidades laterales, encharcamientos, corrientes inducidas y salinización del acuífero).

Finalmente, la integración desde las primeras fases del trabajo de la información geológica e hidrogeológica, unido a la experiencia geofísica, permite obtener resultados satisfactorios de gran utilidad en estudios del Cuaternario.

2. Consideraciones metodológicas

La planificación de la investigación geofísica se ha desarrollado conforme las siguientes directrices:

- Recopilación de la información previa y análisis de la misma para determinar el diseño de la campaña: número de S.E.V., alcance de la prospección, distribución, contraste de datos, previsión de posibles anomalías, etc.

- Trabajos de campo: realización de 14 S.E.V. con configuración del dispositivo Shlumberger, distribuidos en dos fases. La segunda fase se desarrolló tras la obtención de unos primeros resultados que permitieron seleccionar las zonas de especial interés. Cabe señalar que de la totalidad, cuatro de ellos no dieron resultados satisfactorios en la aplicación del método, motivado principalmente por las anomalías inducidas por el agua y por el elevado contenido salino de la misma (área de restinga y zona SE. de la Marjal). Dichos trabajos (véase tabla 1) se llevaron a cabo durante el mes de Mayo de 1990 con un georresistímetro digital de alta precisión, preparado especialmente para dispositivos tetraelectródicos.

- Interpretación de resultados: se realizó, en un principio, una interpretación manual de las curvas de resistividad aparente - AB/2, utilizando el método del punto auxiliar de Ebert y los ábacos de curvas patrón de Orellana-Mooney. Posteriormente, la integración de la información aportada por los sondeos

mecánicos, unido al modelo geológico y a las características hidrogeológicas (calidad de las aguas, nivel piezométrico, porosidad de los materiales, etc) ha permitido obtener, mediante un procedimiento de inversión asistido por ordenador, un mayor grado de ajuste del modelo teórico a la curva de resistividad real, mejorando su presumible interpretación.

Tabla 1. Características principales de los S.E.V.

S.E.V	DIRECCION A-B	DISTANCIA AB/2
1	N 14° E	196 m
2	N 20° E	160 m
3	N 72° E	196 m
4	N 155° E	80 m
5	N 160° E	193 m
6	N 105° E	196 m
7	N 30° E	125 m
8	N 145° E	196 m
9	N 115 E	160 m
10	N 85 E	25 m

3. Bases geológicas de la interpretación

La interpretación de los datos georresistivos requiere considerar entre otros efectos las variaciones introducidas por las características litológicas de los materiales (composición, granulometría, porosidad, grado de alteración, etc), su disposición sedimentaria y los distintos aspectos hidrogeológicos anteriormente expuestos.

El sustrato aflorante en el área de estudio está constituido principalmente por materiales carbonatados calizo-dolomíticos del Cretácico Superior y margas blancas miocenas en discordancia con las unidades infrayacentes. En el ámbito del Cuaternario se han diferenciado una red de abanicos aluviales de edad pleistocena que presentan una mayor extensión superficial en el sector próximo a Pego y distintos subambientes sedimentarios insertos en el sistema holoceno de restinga-albufera (Dupré, *et al.*, 1988; Viñals *et al.*, 1989; Viñals, *et al.*, 1990; Viñals, 1991).

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el ámbito de la Marjal de Oliva-Pego interaccionan la unidad acuífera de la Serra de Mustalla, la unidad de Segària y el acuífero correspondiente a la denominada Plana de Gandía-Denia (Pulido, 1979; IGME 1981). Por otra parte se ha constatado el avance de la intrusión marina en las últimas décadas motivado por la concentración de extracciones en sectores reducidos del acuífero (SE. de la Marjal, finca Racó del Rosari) y el drenaje inducido con fines de transformación agrícola (Pulido, 1979; IGME, 1981; Viñals, *et al.*, 1990).

Los análisis de aguas efectuados en diversas campañas (Pulido, 1979; IGME, 1981) indican el predominio de las facies bicarbonatadas cálcicas en la marjal, si bien existe una amplia zona de transición, con un aumento de la conductividad del agua hacia el sector oriental principalmente motivado por la influencia del contenido salino. Asimismo cabe destacar las facies cloruradas de los manantiales existentes en el borde oriental de la unidad de Mustalla que dan lugar al Riu Bullent-Vedat. En el caso de la Font Salà existe un cierto termalismo, indicios de elementos metálicos (Zn) y una alta conductividad anómala entre 1000 micromhos/cm y más de 21.000 micromhos/cm (Pulido, 1979).

Por otra parte, en la mitad septentrional de la unidad de Segaria, dentro del paraje denominado Balsa Sineu, los manantiales presentan asimismo facies cloruradas con residuos secos que oscilan de 1000 a 2900 mgr/l y conductividad entre 1700 y 4600 micromhos/cm. Estos datos contrastan con los valores de 310 micromhos/cm a algo más de 500 micromhos/cm obtenidos para el resto de la unidad de facies bicarbonatadas cálcicas con bajo contenido salino (Pulido, 1979).

Las consideraciones realizadas por otros autores (Astier, 1973; Pulido, 1979; IGME, 1984) sobre las variaciones geoeléctricas de los materiales en el área de estudio apuntan "la presencia de un importante nivel conductor entre los manantiales y el mar, y en el interior de la marjalera de Pego" (Pulido, 1979), detectándose dos grupos de valores diferentes pero solapados (IGME, 1984):

- niveles con georresistividad menor de 10 ohmios x m que "deben de corresponder a los depósitos detríticos cuaternarios saturados por agua de alta salinidad".

S.E.V. Nums. :1,2,5,7,8
 MARJAL OLIVA - PEGO
 VALENCIA - ALICANTE

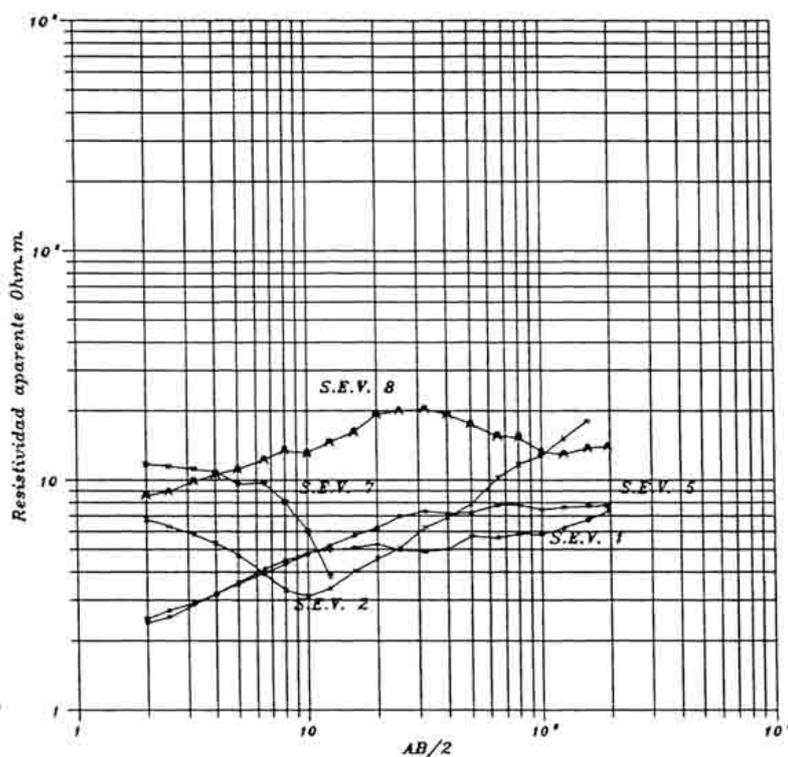


FIG. 1a. AREA DE MARJAL

S.E.V. Nums. :3,4,6,9,10
 MARJAL OLIVA - PEGO
 VALENCIA - ALICANTE

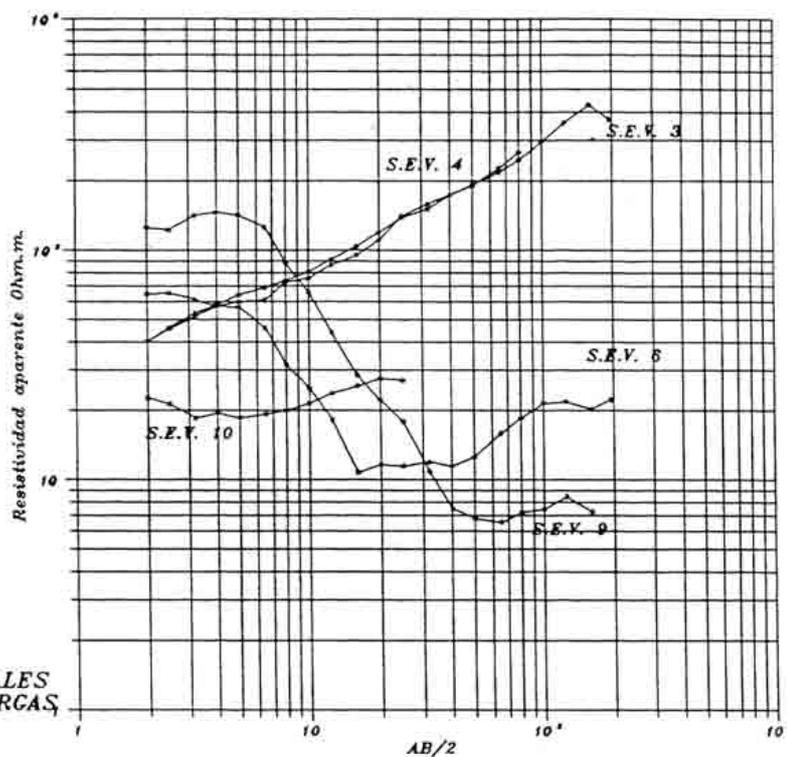


FIG. 1b. ABANICOS ALUVIALES
 Y TEST EN MARGAS

Figuras 1a y 1b. Curvas de variación de la resistividad aparente con la distancia entre electrodos AB/2. Apréciase la baja resistividad de los S.E.V. realizados en el área de marjal y la tendencia de los valores medios en el test en margas (S.E.V. 10).

- niveles con georresistividad menor de 50 ohmios x m que "probablemente corresponden a niveles margosos miocenos, aunque en algunos casos podrían corresponder a los depósitos detríticos cuaternarios afectados en menor grado por el proceso de intrusión".

Por otra parte el denominado sustrato resistivo "probablemente constituido por calizas y dolomías cretácicas, ..., se encuentra a profundidades variables entre 80 y 140m", si bien "únicamente se detecta de forma más o menos clara en el sector central de la marjalería y en las proximidades de los relieves carbonatados" (IGME, 1984).

No obstante, la especial problemática interpretativa de estas áreas litorales con elevado nivel piezométrico y variaciones importantes en la salinidad del agua, condiciona un elevado rango de variación de resistividad para materiales litológicamente idénticos, como es el caso de "las dolomías saturadas de la formación Creu que dan valores de resistividad comprendidos entre 12 y 80 ohmios x m e inferiores a éstos a partir de 200 m de profundidad", motivado por la existencia de agua con elevado contenido salino (Pulido, 1979). Esto difiere sustancialmente de los valores de resistividad usuales de estos materiales, superiores a 1000 ohmios x m.

Finalmente, cabe señalar que la investigación geofísica con métodos eléctricos proporciona información de espesores y profundidades de los distintos niveles o unidades georresistivas que presentan un cierto contraste condicionado por los factores incidentes en el flujo del potencial, debiéndose interpretar estos límites no con un carácter neto sino integrados en el modelo geológico.

4. Consideraciones geoelectricas de los S.E.V.

Se han obtenido, con resultados del método presumiblemente fiables, 10 curvas de variación de la resistividad del terreno en función de la distancia entre electrodos AB/2 (figura 1a y b). El emplazamiento de los S.E.V. (véase figura 2), se ha efectuado tanto en áreas de marjal como en abanicos aluviales, si bien ha sido necesario la realización de S.E.V. paramétricos (SEV-3 y SEV-4) y un S.E.V. de test directamente emplazado en un afloramiento de margas miocenas existente en las proximidades de Pego.

A continuación se describen los aspectos más sobresalientes de los mismos:

S.E.V. 1: se localiza en el extremo Norte de la marjal, cerca de las estribaciones de la Serra del Mustalla y próximo al margen derecho del Riu Bullent-Vedat. Cerca de este S.E.V. se encuentra el sondeo mecánico PEGO 9 que alcanza los 23 m de profundidad. El nivel piezométrico se encuentra en superficie y en las proximidades existe una surgencia de agua salobre (Font Salà).

El interés de este emplazamiento radica por una parte en contrastar la información proporcionada por el sondeo mecánico con los datos georresistivos y por otra, en determinar la profundidad a la cual se localiza el sustrato.

En el S.E.V. 1 se han diferenciado seis niveles con un cierto contraste en la resistividad:

- Nivel geoelectrico I: presenta un valor de resistividad en torno a los 2 ohmios x m y una profundidad de unos 2m, coincidiendo con los niveles de turbas con alto contenido en materia orgánica representados en el sondeo mecánico PEGO 9.

- Nivel II: se sitúa entre los 2m y los 4.5m de profundidad, con una resistividad de unos 13 ohmios x m que caracteriza, en comparación con la testificación de PEGO 9, un cuerpo arenoso.

- Nivel III: tiene un espesor aproximado de unos 18 m, alcanzando una profundidad algo superior a los 22 m. Los valores de resistividad son bajos, próximos a los 4 ohmios x m, relacionándose con materiales limoarcillosos por debajo del nivel piezométrico en condiciones de alta salinidad.

- Nivel IV: tiene un espesor de unos 20 m, con valores de resistividad en torno a los 11.5 ohmios x m, es decir semejante al nivel II. De este modo, si se atiende al contexto sedimentario, se interpreta como un aumento de la fracción gruesa respecto al nivel III.

- Nivel V: presenta un valor georresistivo similar al nivel III; sin embargo, el espesor es muy superior al alcanzar una profundidad de unos 117 m. No existen datos estratigráficos de contraste que permitan saber con seguridad las características de estos materiales, si bien es presumible su similitud en gran parte a los considerados en el nivel III.

- Nivel VI: contrasta su elevada resistividad respecto a los niveles suprayacentes, con 122 ohmios x m. Se interpreta como materiales calizo-dolomíticos karstificados en presencia de agua con elevada salinidad.

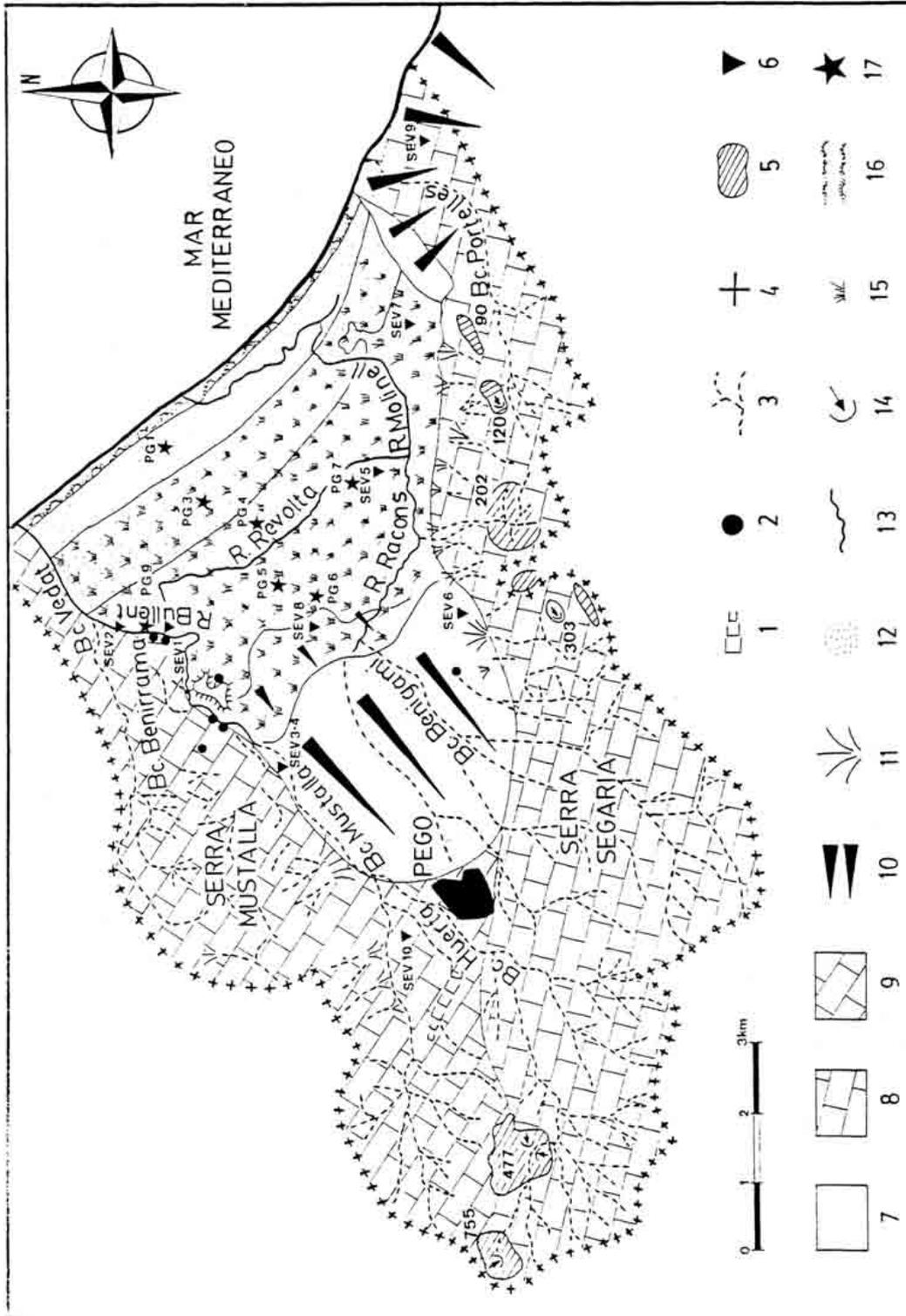


Figura 2. Esquema geomorfológico, situación de S.E.V. y principales aspectos hidrogeológicos. 1: Valle de fondo plano; 2: Manantial; 3: Barranco; 4: Divisoria de aguas; 5: Restos de superficie de erosión; 6: S.E.V.; 7: Acuífero Plana de Gandia-Denia; 8: Acuífero de Mustalla; 9: Acuífero de Segaria; 10: Abanicos aluviales; 11: Conos de deyección; 12: Restinga; 13: Caudal perenne; 14: Sumidero; 15: Marjal; 16: Dunas; 17: Sondeo mecánico.

Prospección geoelectrica mediante S.E.V. 85

S.E.V. 2: se sitúa a unos 200 m al NE del S.E.V. 1, junto a la Font Salà y muy próximo a los relieves.

La elección de este punto viene dado por el interés de contrastar los resultados del S.E.V. 1 y completar la reconstrucción de un corte transversal apoyado por sondeos mecánicos (VIÑALS, 1991).

En el S.E.V. 2 se han diferenciado los siguientes niveles georresistivos:

- Nivel I: presenta un valor de resistividad en torno a los 2 ohmios x m, y una profundidad próxima a los 2 m. Se trata de limos arenosos negros con alto contenido en materia orgánica, cuya capa superficial está bonificada (rellenos para la agricultura).

- Nivel II: alcanza una profundidad de unos 3 m y muestra valores de resistividad en torno a los 19 ohmios x m. Su interpretación es semejante a su homónimo en el SEV 1, si bien disminuye su espesor.

- Nivel III: llega hasta una profundidad de unos 29 m y la resistividad disminuye sustancialmente respecto al nivel II, con valores en torno a 4-5 ohmios x m. Asimismo se interpreta con características sedimentarias semejantes al Nivel III del S.E.V. 1.

- Nivel IV: el valor de la resistividad es de unos 7 ohmios x m poco contrastada con los 4-5 ohmios x m. del nivel anterior. Sin embargo, su comparación con los niveles III y IV del S.E.V. 1 indican unas características similares de sus homónimos, en cuanto a profundidad y variación de la resistividad.

S.E.V. 3 y 4 (paramétricos): se han realizado dos S.E.V. paramétricos en el extremo de un extenso abanico aluvial que se sitúa en las estribaciones de la Serra de Mustalla. Por otra parte la presencia en las proximidades del Barranc de Mustalla con buena continuidad en los afloramientos, proporciona interesantes datos de los primeros niveles de la secuencia a investigar.

La ejecución de dos S.E.V. con configuración paramétrica en esta zona obedece a las siguientes consideraciones:

- Calibrar la información geoelectrica de los niveles existentes en profundidad, dada la ausencia de sondeos mecánicos en este sector.

- Investigar la continuidad lateral de los supuestos niveles lenticulares asociados a estos depósitos de abanico.

- Confirmar la profundidad del sustrato.

- Estudiar las variaciones resistivas de los materiales en condiciones de baja salinidad del agua que posiblemente contrastaría con los valores obtenidos en otros S.E.V.

Las principales características de los niveles diferenciados son las siguientes:

- Nivel I: no supera el metro de espesor y presenta resistividades en torno a los 23 ohmios x m. Corresponde a tierras de labor.

- Nivel II: alcanza una profundidad en torno a 1.70 m y resistividades que superan los 200 ohmios x m. Coincide con niveles de gravas y cantos cementados que se observan en el Barranc de Mustalla.

- Nivel III: tiene un espesor de unos 75 cm alcanzando, por tanto, unido a los niveles suprayacentes, una profundidad de 2.50 m. Los valores resistivos se encuentran en torno a los 12 ohmios x m, constatando la presencia de un nivel arcilloso en condiciones secas que se observa en un corte del Barranc de Mustalla. En Viñals (1991) relaciona este nivel con un paleosuelo interglaciario.

- Nivel IV: se trata de una potente y homogénea unidad desde el punto de vista georresistivo de unos 50 m de espesor y un rango de 246 ohmios x m. Este nivel de alta resistividad, al igual que el Nivel II, se interpreta como facies proximales de abanicos aluviales fuertemente cementados.

- Nivel V: a partir de unos 52 m de profundidad se presentan las resistividades más altas de todo el área de estudio, próximas a los 2000 ohmios x m, considerándose que se trata de un sustrato resistivo calizodolomítico poco karstificado.

S.E.V. 5: se sitúa en el área de marjal, próximo al paraje denominado Balsa Sineu (véanse las características hidrogeológicas descritas en el apartado anterior) y se apoya en el sondeo mecánico PEGO 7 de 21 m de profundidad. En el momento de la realización del S.E.V. existían importantes encharcamientos en la zona que posiblemente pudieron inducir anomalías en las medidas registradas, no considerándose su corrección en los actuales métodos interpretativos.

- Nivel I: alcanza los 2.5 m de profundidad con valores de resistividad de 2.5 ohmios x m, semejante al primer nivel de los S.E.V. 1 y 2. Se trata en este caso de materiales limoarenosos con abundante materia orgánica (PEGO 7).

- Nivel II: presenta una resistividad baja de unos 2.5 ohmios x m, relacionándose con materiales limoarcillosos al menos en su tramo superior. Sin embargo, el gran espesor asignado en la interpretación de la curva de resistividades, unos 287 m, parece responder a anomalías ocasionadas por la elevada salinidad del agua intersticial que homogeneiza las posibles diferencias resistivas de los distintos materiales.

- Nivel III: este nivel se diferencia este nivel a partir de los 290 m de profundidad con una resistividad de unos 11 ohmios x m y se interpreta, considerando la estratigrafía del área y la morfología de la curva de resistividades, como un sustrato de baja resistividad con un presumible carácter margoso.

S.E.V. 6: se sitúa próximo a la carretera Pego-Verger, en el extremo SE. del gran abanico aluvial que se extiende desde Pego.

- Nivel I: alcanza los 3.6 m de profundidad presentando resistividades de 69 ohmios x m.

- Nivel II: presenta resistividades que no superan los 10 ohmios x m y alcanza los 31 m de profundidad. Se interpreta como un nivel de materiales de carácter limoarcilloso, ya detectado en otros puntos.

- Nivel III: se trata de un nivel de sólo 8 m de espesor, pero con un contraste resistivo muy importante respecto los niveles anteriores (436 ohmios x m). Probablemente este valor responde a la presencia de materiales gruesos muy cementados pertenecientes a facies proximales de abanicos aluviales pleistocenos.

- Nivel IV: presenta una resistividad de unos 10 ohmios x m y con una tendencia de la curva en este tramo similar a la detectada en el test (S.E.V. 10), por lo que se puede determinar su pertenencia a las margas del sustrato.

S.E.V. 7: se encuentra emplazado en el extremo SE. de la marjal, área con gran influencia de agua con elevada salinidad, que ha impedido en gran parte la ejecución del S.E.V.

Se han diferenciado los siguientes niveles, si bien con un carácter superficial:

- Nivel I: alcanza una profundidad de 3.4 m y valores de resistividad en torno a los 11 ohmios x m. Corresponde a niveles arenosos y terrenos de bonificación.

- Nivel II: presenta un escaso espesor (unos 40 cm), pero con un buen contraste, al alcanzar resistividades próximas a los 70 ohmios x m. Se interpreta en relación con las observaciones realizadas en afloramientos próximos -corte del Safari Park (VIÑALS, 1991)- como niveles de gravas con matriz arenosa.

- Nivel III: se encuentra a partir de 3.8 m de profundidad y presenta valores muy bajos de resistividad, influenciados por la presencia de agua intersticial con alto contenido salino en materiales de textura fina.

S.E.V. 8: se localiza en la zona central de la marjal.

- Nivel I: llega hasta los 3,8 m de profundidad con valores de resistividad próximo a los 9 ohmios x m. Se interpreta como limos arenosos en condiciones secas, que se localizan en varios sondeos mecánicos.

- Nivel II: alcanza los 27 m de profundidad y resistividades de 26 ohmios x m, interpretándose como un aumento de la fracción gruesa respecto al nivel anterior.

- Nivel III: llega hasta los 53 m de profundidad, con valores de unos 6 ohmios x m. Representa los niveles limoarcillosos detectados en otros sondeos.

- Nivel IV: presenta valores de resistividad de unos 18 ohmios x m y posiblemente corresponde al sustrato margoso existente en el área.

S.E.V. 9: se sitúa en el denominado abanico del río Girona, en el paraje conocido como la Almadrava.

- Nivel I: llega hasta casi los 4 m, con unas resistividades importantes del orden de 170 ohmios x m. Corresponde a depósitos de abanico aluvial en facies proximales y medias que afloran en superficie.

- Nivel II: alcanza una profundidad de 14 m y presenta resistividades próximas a los 26 ohmios x m. Sus características son similares al nivel II del S.E.V. 8.

- Nivel III: constituye un nivel de baja resistividad, con carácter semejante a su homónimo en el S.E.V. 8 (4 ohmios x m). Alcanza una profundidad de unos 57 m.

- Nivel IV: con resistividades de unos 20 ohmios x m, se interpreta como las margas del sustrato.

S.E.V. 10: este sondeo de test, realizado sobre un afloramiento de margas, constituye un marco de referencia para contrastar los valores de resistividad y la tendencia de las curvas obtenidas en el resto de las prospecciones.

- Nivel I: alcanza una profundidad de 1.2 m, con resistividad de unos 27 ohmios x m. Corresponde a un suelo de labor mejorado con aportes de gruesos.
- Nivel II: llega hasta una profundidad de 3,4 m, con valores de resistividad del orden de 13 ohmios x m. Este valor corresponde a las margas alteradas aflorantes.
- Nivel III: con una resistividad de 31 ohmios x m caracteriza a las margas poco alteradas, situadas por encima del nivel freático.

5. Implicaciones geológicas de la prospección

La interpretación geológica de los datos proporcionados por la prospección geoelectrica del subsuelo requiere un buen conocimiento de las características estratigráficas de las distintas unidades existentes en profundidad. Este carácter integrador, en el cual el contexto sedimentario adquiere una especial relevancia, permite la obtención de resultados satisfactorios de gran utilidad en estudios del Cuaternario.

Desde este enfoque metodológico se ha considerado oportuno sectorizar la información obtenida en los S.E.V. realizados, en función de su marco geológico y estratigráfico:

Unidades de Marjal (S.E.V. 1, S.E.V. 2, S.E.V. 5, S.E.V. 7 y S.E.V. 8)

Los emplazamientos de los S.E.V. están distribuidos de forma periférica a la marjal motivado por la dificultad de encontrar zonas no encharcadas accesibles con dimensiones suficientes para extender los electrodos. Dentro de las características comunes que aparecen en ella se han identificado tres unidades:

- Unidad A. Es una extensa unidad superficial existente en todo el ámbito sedimentario de la marjal. Se caracteriza por presentar resistividades en torno a los 2 ohmios x m, alcanzando una profundidad de unos 2-2.5 m (S.E.V. 1; S.E.V. 2; S.E.V. 5). No obstante, en algunos puntos se detectan valores algo superiores de resistividad y profundidad, motivado por su interacción gradual con sedimentos litorales o facies distales de abanico aluvial: S.E.V. 7 (11 ohmios x m y 3.4 m de profundidad) y S.E.V. 8 (9 ohmios x m y 3.8 m de profundidad).

Fundamentalmente son materiales limo-arenosos de color negro, no plásticos, con abundante materia orgánica, la mayoría de los cuales pertenecen al Holoceno Superior (VIÑALS, 1991).

- Unidad B. Los datos aportados por los sondeos mecánicos indican que se trata de materiales depositados en el ámbito de facies marina y de restinga, presentando un carácter fundamentalmente arenoso con resistividades en torno a los 13-20 ohmios x m (S.E.V. 1 y S.E.V. 2). Sin embargo, las distintas características sedimentarias de los materiales pertenecientes a esta unidad, amplía el rango de variabilidad de resistividad, obteniéndose valores de hasta 70 ohmios x m (S.E.V. 7).

La profundidad máxima alcanzada en los puntos investigados es de 4.5m, disponiéndose de forma subyacente a la Unidad A.

- Unidad C. Desde el punto de vista georresistivo, se trata de una potente y homogénea unidad infrayacente a las anteriores, que presenta un espesor máximo de unos 112 m (S.E.V. 1). Se ha detectado en los niveles III, IV y V del S.E.V. 1; niveles III y IV del S.E.V. 2; nivel II del S.E.V. 5; y niveles II y III del S.E.V. 8. Asimismo, en el grupo de S.E.V. realizados sobre abanicos aluviales, han aparecido estos niveles intercalados con depósitos de elevada resistividad (nivel II del S.E.V. 6 y nivel III del S.E.V. 9). Cabe destacar que en el S.E.V. 5 se ha obtenido un resultado anómalo a partir del nivel II, motivado por la alta salinidad del agua que ha homogeneizado la información resistiva de los distintos materiales.

Los valores de resistividad oscilan entre los 4 ohmios x m (niveles III de los S.E.V. 1 y 2) y los 26 ohmios x m (niveles II del S.E.V. 8), predominando los valores inferiores a 10 ohmios x m. Son materiales fundamentalmente limoarcillosos con algunas intercalaciones arenosas, correspondientes a facies lagunares interdigitadas con depósitos distales de abanico aluvial. Las fracciones granulométricas menores, presumiblemente presentan valores de resistividad comparativamente más bajos en condiciones similares de salinidad del agua.

Unidades de abánicos aluviales (S.E.V. 3-4 paramétricos, S.E.V. 6 y S.E.V. 9).

La relación de sondeos eléctricos emplazados en los principales abánicos aluviales pleistocenos existentes en la cuenca sedimentaria de Pego, ha permitido reconocer sus características en profundidad y determinar el importante contraste resistivo entre las facies proximales y distales de estos depósitos (S.E.V. 6 y S.E.V. 9).

Las profundidades de estos materiales alcanzan los 38 m en el S.E.V. 6 y los 52 a 57 m de los S.E.V. 3-4 y 9 respectivamente, siempre en contacto con las unidades del sustrato.

- Unidad D. Se trata de materiales de granulometría gruesa, a veces fuertemente cementados, que alternan con niveles limoarcillosos. Las resistividades obtenidas se agrupan en tres rangos característicos:

. Los valores más bajos oscilan entre los 12 ohmios x m (S.E.V. 3-4, nivel III) y 26 ohmios x m (S.E.V. 9, nivel II) que corresponden principalmente con paleosuelos, y facies distales de abánicos.

. Los valores intermedios, en torno a los 70 ohmios x m (S.E.V. 6, nivel I), se han obtenido en facies medias de abánico aluvial, por encima del nivel piezométrico, y se caracteriza por albergar materiales fundamentalmente arenosos con intercalaciones de gravas.

. Los valores de resistividad más elevados, que oscilan entre los 170 a 436 ohmios x m (S.E.V. 9, nivel I y S.E.V. 6, nivel III, respectivamente) corresponden a depósitos proximales de abánicos aluviales de granulometría muy gruesa, que normalmente se encuentran fuertemente cementados.

Unidades del Sustrato (S.E.V. 1, S.E.V. 3-4, S.E.V. 5, S.E.V. 6, S.E.V. 8, S.E.V. 9 y S.E.V. test 10).

Dada la extensión de las líneas de emisión de corriente, próxima a los 400 m de distancia A-B, unido a las características resistivas de los materiales, se ha obtenido información relativa a la profundidad del sustrato y su posible litología.

- Unidad E. Se trata de materiales calizo-dolomíticos con resistividad muy variable en este área en función de la salinidad del agua existente en el acuífero y el grado de karstificación.

Contrastan los valores obtenidos en el S.E.V. 1 con 122 ohmios x m frente a los 2000 ohmios x m registrados en las presumibles calizas cretácicas sin karstificar del S.E.V. 3 y 4.

Las profundidades del techo de esta unidad en el sector externo de la cuenca sedimentaria es superior a los 100 m de profundidad (117 m, S.E.V. 1). Este valor es similar al obtenido por sísmica de reflexión en la plataforma marina adyacente por Rey & Díaz del Río (1983). En el sector interno las profundidades oscilan alrededor del medio centenar de metros (52 m, S.E.V. 3 y 4).

- Unidad F. Esta unidad corresponde a las margas de edad miocena del sustrato y no se ha detectado en ningún sondeo mecánico de los hasta ahora realizados en el área.

Las resistividades oscilan entre los 10 ohmios x m del S.E.V. 6 y los 20 ohmios x m del S.E.V. 9 para condiciones por debajo del nivel piezométrico, valores que contrastan con los asumidos para el sustrato calizo-dolomítico de la Unidad E. Sin embargo los niveles poco resistivos de las unidades cuaternarias C y D pueden enmascarar, en función de la salinidad del agua y del grado de alteración de las margas subyacentes, el contacto litológico existente, dado que la prospección eléctrica aporta contactos entre unidades georresistivas condicionados por estos factores.

Las profundidades obtenidas del techo de esta unidad oscilan entre los 38 m del S.E.V. 6 y los más del centenar del S.E.V. 5, que apuntan una cierta semejanza con los rangos obtenidos en la Unidad E.

6. Conclusiones

Como consideraciones finales es necesario destacar los siguientes aspectos:

- Desde el punto de vista metodológico, la integración del modelo geológico, el contexto sedimentario y las características hidrogeológicas, unido a los datos geofísicos obtenidos mediante S.E.V., permite obtener resultados de buena fiabilidad, presentando este tipo de técnicas de prospección del subsuelo gran utilidad en estudios del Cuaternario.

- Se han caracterizado los distintos niveles georresistivos, estableciéndose consideraciones acerca de su disposición, características sedimentarias, profundidad, espesor y rangos resistivos.
- Se ha aportado información sobre la configuración del sustrato precuaternario existente en la cuenca sedimentaria de Pego y la disposición de las distintas unidades georresistivas detectadas en profundidad. A partir de estos datos se considera la importante actividad tecto-sedimentaria durante el Cuaternario en la zona.
- Finalmente, la constatación de la presencia y magnitud de un importante desnivel del sustrato entre la zona externa e interna de la marjal, con una magnitud del orden de los cincuenta metros, sugiere la actuación de fracturas con una dirección en torno al ONO.-ESE., subparalela a la costa, que viene a coincidir con el eje de flexura del óvalo valenciano en este tramo (Goy *et al.*, 1987). Esta línea implica el hundimiento del borde externo a profundidades del orden del centenar de metros.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Matías Ruiz y Carlos Ferrer por su valiosa colaboración en la campaña de campo, y a Fátima Camacho Serna por el mecanografiado del texto.

Este trabajo se integra en un marco de colaboración entre el Area de Ingeniería GeoAmbiental del Instituto Tecnológico GeoMinero de España y el Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia a través de sus proyectos respectivos, I+D en Geología Ambiental y PB89-0524 de la D.G.I.C.Y.T.

Referencias bibliográficas

- Astier, J.L. (1973): *Programme complémentaire de sondages électriques: Régions de Sagunto et de Valencia-Alcira*. Proyecto de Investigación Hidrogeológica del Bajo y Medio del Júcar. IGME. Madrid, 6 pp. Informe inédito.
- Blake, H; Bondesan, A., Favero, V., Finzi & Salvatori, S. (1988): Cittanova-Heraclia 1987; Risultati preliminari delle indagini geomorfologiche e paleogeografiche. *Quaderni di Archeologia del Veneto*, IV. pp. 112-135.
- Dupré, M., Fumanal, M.P., Sanjaume, E., Santisteban, C., Usera, J. & Viñals, M. J. (1988): Quaternary evolution of the Pego coastal Lagoon (Southern Valencia, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 68. pp. 291-299.
- Goy, J.L., Rey, J., Díaz del Río, V. & ZAZO, Z. (1987): Relación entre las unidades geomorfológicas cuaternarias del litoral y de la plataforma interna-media de Valencia (España): implicaciones paleogeográficas. *Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Comunic., Vol. 2, 1369-1381. Valencia.
- IGME (1972): *Campaña de geofísica resistiva 1972: curvas de los sondeos eléctricos*. Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Baja y Media del Júcar. Madrid. Informe inédito. Madrid.
- IGME (1975): *Campaña de geofísica resistiva (73-74): curvas de sondeos eléctricos*. Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Baja y Media del Júcar, Valencia. Informe inédito.
- IGME (1981): Calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas Media y Baja del Río Júcar. *Colección informe: aguas subterráneas*. IGME. Madrid, 221 pp.
- IGME (1984): *Investigación geoelectrica de los acuíferos de la Cuenca Baja y Media del Júcar*. Tomos I y II. Madrid, 22 planos y 46 pp. Informe inédito.
- Pulido, A. (1979): Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental (Provincias de Valencia y Alicante). *Memorias del IGME*, TOMO 95. Servicio del Publ. de Ministerio de Industria y Energía. Madrid, 410 pp.
- Rey, J. & Díaz del Río, V. 1983: Aspectos geológicos, sobre la estructura poco profunda de la plataforma continental del levante español. *Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental*. Seminario Científico, Cádiz (Castellvi, ed.), 53-74. Gráficas Buper. Barcelona.
- Viñals, M.J., Mateu, G., Fumanal, M.P., Usera, J. & Favero, V. (1989): Aportación al conocimiento de las facies lagunares y litorales de la marjal de Oliva-Pego (Valencia). *Cuaternario y Geomorfología*, 3 (1-2). pp. 93-104.
- Viñals, M.J., Camarasa, A.M. & Sendra, A. (1990): Factores de estabilidad de un humedal costero: la Marjal de Oliva-Pego. *I Reunión Nacional de Geomorfología*, Teruel, pp. 385-396.

90 *Hernández Ruiz, Del Val & Viñals*

Viñals, M.J. (1991): *La marjal de Oliva-Pego. Evolución geomorfológica*. Tesis doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Dpto. Geografía. Universidad de Valencia, 496 pp. Inédito.