

Datos geofísicos y evolución sedimentaria de la Depresión de la Janda (Cádiz)

Geophysical data and sedimentary evolution in La Janda graben (Cádiz, Spain)

Luque, L. (*), Silva, P. G. (**), Zazo, C. (*), Recio, J. M.(***), Carrasco, P.(**), Goy, J. L.(****), Dueñas, M. I.(***), Lario, J. (*), Dabrio, C. J.(*****), González-Hernández, F. M.(****) y Poza, L.(**)

(*) Dept. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid.

(**) Dept. Geología, Universidad de Salamanca, E. U. Politécnica de Ávila. 05003-Ávila.

(***) Dept. Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba. San Alberto Magno s/n, 14004, Córdoba.

(****) Dept. Geodinámica, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca.

(*****) Dept. Estratigrafía, Facultad de CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. Avda. de la Complutense s/n, 28040 Madrid.

ABSTRACT

La Janda lake is located into a tectonic graben filled by Pleistocene and Holocene fluvio-marine sediments. Geophysical survey consisting on Electric-logs and seismic refraction profiles aimed to determining the thickness of Quaternary sediments infilling the graben. Nevertheless, the results are significantly distorted by a saline aquifer that occupies most of the sedimentary filling. In any case it is possible to identify an asymmetric subsident area reaching up to 300 m depth, characterised by very low apparent resistivities (1.5-2.4 W/m). This thick geoelectrical unit can be preliminary subdivided into 3 different subunits here called A, B1, B2, characterised by resistivity differences. The shallow 4-6 m thick Unit A consists of a thin lacustrine and alluvial clay and silts of Holocene age easily recognized in seismic refraction profiles and drill cores. Unit B can be separated in two subunits; Both are saturated in brackish or saline waters; B1 is a 20-40 m thick unit that thins northward and correspond to the Plio-Pleistocene, B2 is a slightly more resistive unit that extends from this depth to 352 m and corresponds to deeply weathered mio-pliocene sandstones. The upper part of Sub-unit B1 correspond to estuarine sands recorded in a previous core which deposition finishes at ca. 3810 cal BP. A sharp normal fault limits the southern part of La Janda asymmetric graben.

Key Words: La Janda Graben, Geophysical data, Quaternary sedimentation.

Geogaceta, 29 (2001), 69-72
ISSN: 0213683X

Introducción

La antigua laguna de la Janda (Cádiz) es uno de los humedales más importantes de la provincia de Cádiz. Se encuentra situada en el interior de una depresión de origen tectónico de unos 35 Km² de extensión y a 20 Km de distancia de la línea de costa. El origen de la depresión se relaciona con las fracturas que, con dirección NW-SE y NE-SW, liberan los esfuerzos de la compresión tectónica N-S que se producen debido al movimiento de las placas Ibérica y Africana (Goy y Zazo, 1994, Goy *et al.*, 1995, Zazo *et al.*, 1999) (Fig. 1). Los materiales sobre los que se desarrolla la depresión lo constituyen las unidades alóctonas del Campo de Gibraltar y los materiales detríticos post-orogénicos del Mioceno superior al Cuaternario. Desde hace un siglo, la zona ocupada por las lagunas se encuentra desecada con fines agrícolas y sólo en épocas de lluvias excepcionales llega a quedar cubierta por las inundaciones de las aguas de los ríos

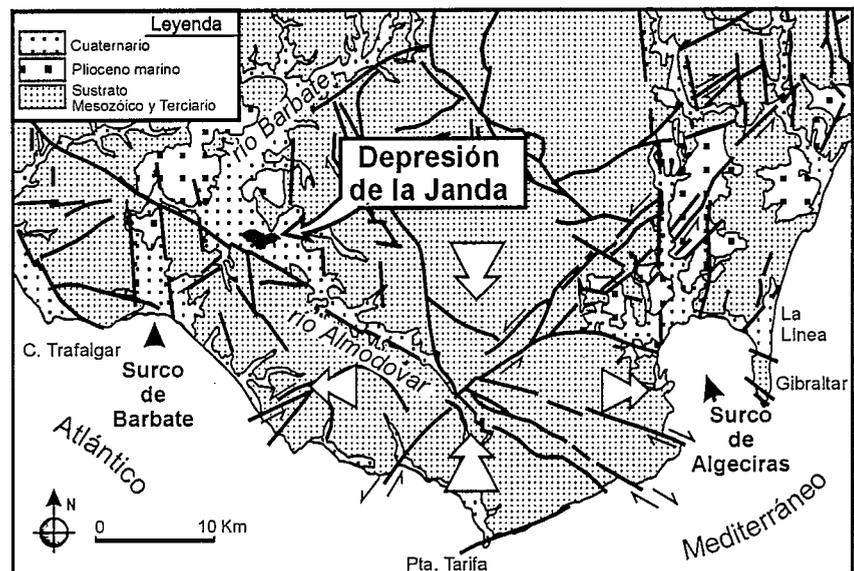


Fig. 1.- Esquema geotéctónico del Estrecho de Gibraltar en la Provincia de Cádiz. Situación de la Depresión de la Janda y principales fracturas y direcciones de esfuerzos (Modificado de Zazo *et al.*, 1999).

Fig. 1.- Geotectonic scheme of the Gibraltar Strait in Cádiz (Spain). Location of La Janda graben, main faults and stress trajectories (Modified from Zazo *et al.*, 1999).

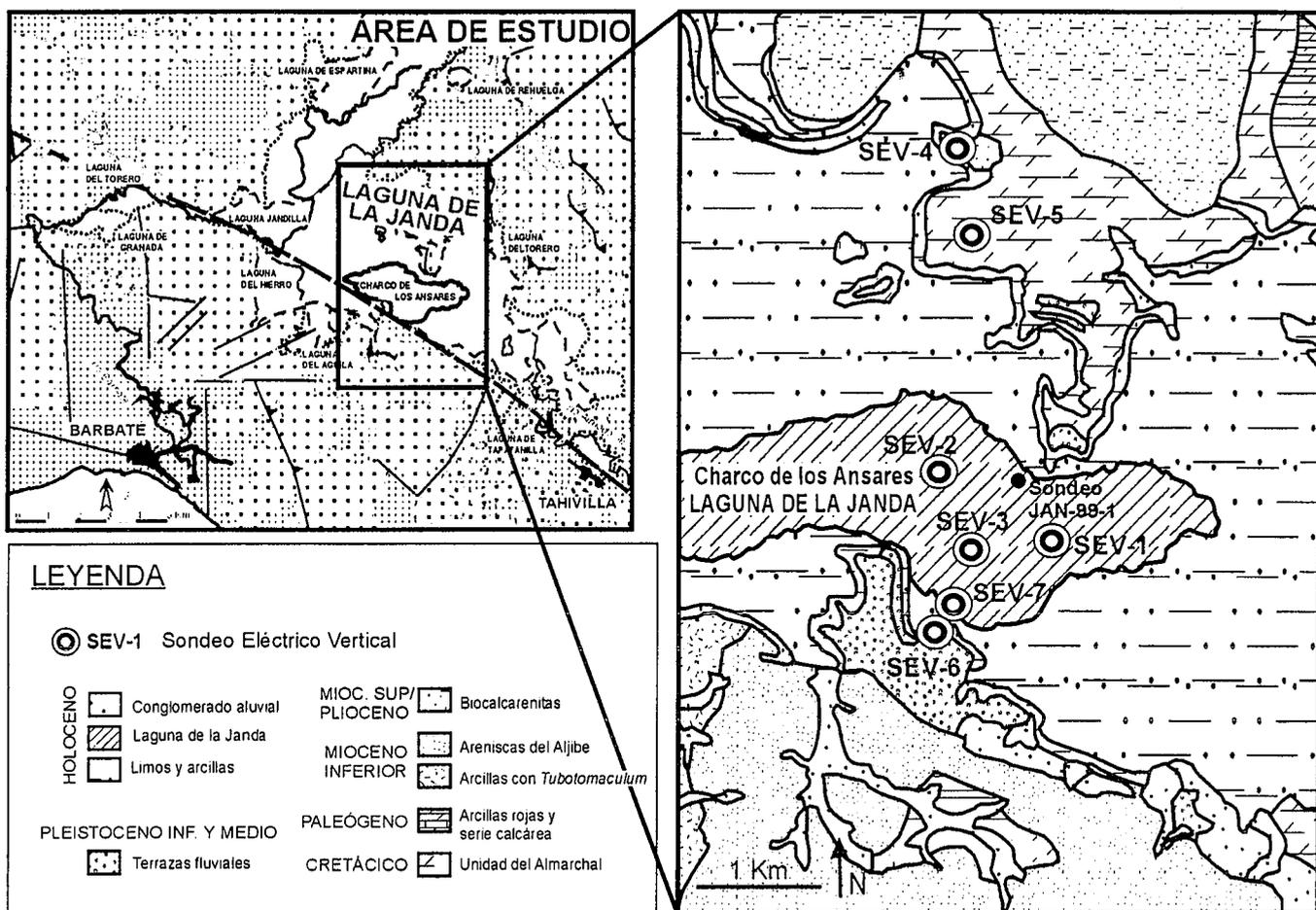


Fig. 2.- Mapa de situación de la Laguna de la Janda y su contexto geológico y localización de los SEV realizados en la zona.

Fig. 2.- Location map of La Janda lake, geological context and position of the Electric-logs in the area.

Almodóvar y Barbate. El desagüe natural de la depresión lo constituye el cauce del río Barbate que cruza a través de un angosto valle en los relieves próximos a Vejer de la Frontera. Su origen se debe a la erosión remontante ocurrida, posiblemente, durante el Último periodo Glacial (Goy y Zazo, 1994).

La depresión tectónica de la Janda podría haber actuado como tal desde el Pleistoceno inferior o medio. La subsidencia del área la habría convertido en una pequeña cuenca endorréica que quizá temporalmente tuviera contacto con el mar abierto a través tanto de la desembocadura del río Barbate (entonces de menor longitud) como del tramo medio del río Almodóvar. El relleno lagunar en superficie lo constituyen arcillas, limos y arenas finas, mientras que el sustrato consiste en calizas, margas y arcillas de la unidad del Almarchal (Cretácico), arcillas con *Tubotomaculum* (Paleogeno), areniscas del Aljibe (Mioceno inferior-medio pre-orogénico) así como biocalcarenititas y arenas amarillas del Mioceno superior y Plioceno (post-orogénico).

Durante el Cuaternario se depositan en la cuenca diferentes depósitos de terrazas fluviales y sedimentos aluviales. Las terrazas y depósitos deltáicos del Pleistoceno inferior no muestran que exista una relación clara con la red de drenaje actual durante este periodo. Por el contrario, las terrazas fluviales del Pleistoceno medio localizadas en los márgenes de la laguna indican una dirección de los cauces de los ríos Almodóvar y Barbate semejantes a la actual (Zazo y Goy, 1990 a y b).

Los estudios previos en la zona se refieren a datos arqueológicos y a la presencia de Tierras Negras de edad pleistocena localizadas en el entorno de la Janda (Hernández-Pacheco y Cabré, 1913, Hernández-Pacheco, 1915). Otros estudios posteriores retoman estos temas (Ramírez-Delgado *et al.*, 1989) así como la evolución del humedal durante el Holoceno (Dueñas, 1997, 1999, Luque *et al.*, 1999, Recio, 1999). Según los últimos autores la instalación de las condiciones palustres en la depresión se produce tras una fase predominantemente fluvial (Dueñas, 1997, 1999) o un periodo en que se produce una

entrada de agua marina durante un alto nivel del mar (highstand) ocurrido a los 3810 calBP (Luque *et al.*, 1999).

La posibilidad de que la depresión endorréica de la Janda haya actuado como tal durante una parte considerable del Pleistoceno dando origen a un potente relleno sedimentario de la misma durante este periodo, nos ha llevado a realizar un estudio de esta zona. En el presente trabajo se describen los resultados de una prospección geofísica realizada con el fin de determinar el espesor de los depósitos pleistocenos que rellenan la Depresión.

Metodología

Los trabajos de geofísica realizados en la zona de la antigua Laguna de la Janda han consistido en 7 sondeos eléctricos verticales (SEV), 3 de ellos con dispositivo en "T", y 2 perfiles de sísmica de refracción sobre la traza de dos de los SEV.

Los SEV se realizaron mediante un dispositivo Schlumberger lineal y simétrico, con AB variable de un máximo de 200 m en dos de ellos y de 1000 un terce-

ro. En el centro de la depresión de la laguna se realizaron además otros dos, uno perpendicularmente al contacto de la laguna con el sustrato bético y otro a favor de un relieve interno de la laguna, ambos con un AB máximo de 200 m. Para este fin se ha utilizado un equipo Geoelectrico IRIS-BRGM.

Los perfiles sísmicos de refracción se realizaron mediante líneas multicanal de 12 geófonos de 60 m de longitud con 3 puntos de disparo, que se llevaron a cabo con un equipo Geometrics de Texas Instruments.

Los puntos de donde se han tomado los datos se sitúan sobre la zona más deprimida de la antigua laguna, que todavía queda inundada temporalmente, en los márgenes de la misma en contacto con el sustrato y sobre dos litologías diferentes que posiblemente se encuentren bajo los depósitos recientes de la depresión y que se han utilizado como referencia (Fig. 2).

Resultados

Los datos preliminares resultantes de los perfiles sísmicos permiten identificar dos claras unidades sísmicas en el relleno de la antigua laguna. Una primera capa superficial de entre 4-6 m de potencia, con base irregular de aspecto erosivo, con velocidades de 0,58-0,78 km/seg. La segunda se extiende, al menos hasta los 20 metros de profundidad con una velocidad homogénea de 1,4-1,5 Km/seg (Fig. 3). La primera capa se ha denominado Unidad A y correspondería a los materiales arcillosos, ricos en materia orgánica y poco compactados, de edad holocena, testificados en un sondeo manual previo hasta 4 m de profundidad (Luque *et al.*, 1999). Dichos materiales son de origen aluvial y lacustre-palustre y corresponden a la última fase de colmatación de la cuenca que culmina con la formación de lagunas que posteriormente se individualizaron hasta su desecación en periodos recientes. La segunda capa posee una interpretación más problemática, ya que su velocidad podría corresponder a unos materiales arcillosos cuaternarios, o bien a las arenas mio-pliocenas parcialmente meteorizadas. Esta unidad se denomina Unidad B y su techo está constituido por unas arenas fluvio-marinas que se depositan como consecuencia de la entrada de agua marina durante un periodo de alto nivel del mar y cuya sedimentación finaliza hace ca. 3810 calBP (Luque *et al.*, 1999).

Los resultados de los SEV están muy influenciados por la presencia de un acuífero superficial salobre (resistividades

muy bajas 1,5-2,5 Ω/m), que enmascara parcialmente los distintos niveles estratigráficos. En la mayor parte de los casos la caída de resistividades se registra próxima a la cota 0 m (nivel del mar), por lo que podríamos hablar de una contaminación de agua marina por intrusión lateral, o incluso de un acuífero salobre relicto, si bien esta posibilidad la consideramos menos probable. Una de las posibilidades más plausibles es la de suponer la presencia de materiales evaporíticos en profundidad que pudieran contaminar las aguas subterráneas. Estos materiales los constituirían depósitos arcillosos yesíferos de edad triásica (facies Keuper) del sustrato bético aflorantes pocos kilómetros más al norte y que podrían encontrarse, también, bajo el relleno lagunar.

En el SEV con AB 800m se ha profundizado hasta los 400m, indicando que la unidad de baja resistividad (1,5-2,5 Ω/m) en este sector de la Laguna supera, al menos, los 350m y que, por debajo de él, existe un nivel con una resistividad de 9,3 Ω/m . Este valor es similar al que presentan las Arcillas y margas de la Unidad del Almarchal (Cretácico) en superficie (SEV 5: 9,9-12,3 Ω/m). Por tanto, se puede hablar de la existencia de un surco de al menos 350 m de profundidad sobre el que se encuentran materiales posteriores afectados por el acuífero salino y donde, más tarde, se instala la Laguna. La gran profundidad que, según estos datos, alcanza la intrusión de agua salobre, hace más probable la hipótesis de la existencia de materiales yesíferos en el sustrato.

Los valores de resistividad de esta unidad son bastante homogéneos y por lo tanto la consideramos una continuación de la unidad B definida en los perfiles sísmicos. No obstante, esta unidad de baja resistividad puede subdividirse a su vez en dos sub-unidades (B1 y B2) que se observan coherentemente en tres de los SEVs estudiados (SEV-2, SEV-3, SEV-7) (Fig. 4). La primera unidad, B1, es la más superficial y presenta una resistividad de 1,5-1,7 Ω/m . El perfil de los sondeos muestra un aumento de potencia de dicha unidad hacia el borde sur de la laguna, pasando de 29 m al norte a 43 m en el contacto meridional de la laguna con el sustrato neógeno. La segunda unidad, Unidad B2, subyace a la anterior y presenta una resistividad algo mayor (2,4-2 Ω/m). Esta última se extiende hasta el contacto basal, situado aproximadamente a 350 m de profundidad.

La unidad B1, podría interpretarse como un relleno limo-arcilloso cuaternario, que correspondería con la unidad sísmica de alta velocidad (1,4-1,5 km/seg),

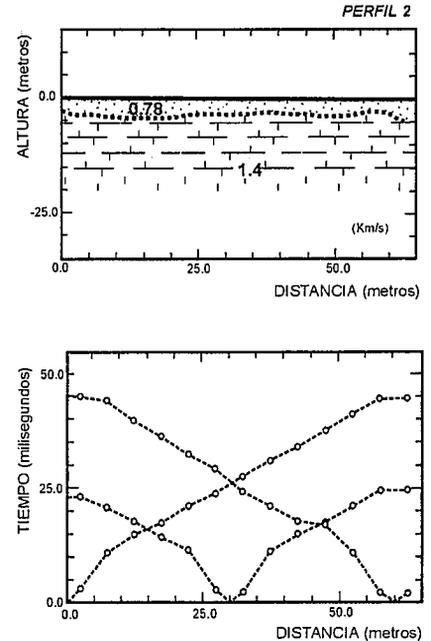


Fig. 3.- Interpretación de unidades sísmicas del perfil LJ2000-2 y curvas dromocrónicas correspondientes a los tres puntos de disparo.

Fig. 3.- Seismic Units showed in LJ2000-2 section and dromochronic curves in its three points.

pero que se encuentra embebido en agua salobre. El techo de esta unidad lo constituyen, según los datos obtenidos en un sondeo realizado anteriormente (Luque *et al.*, 1999), unas arenas medias-gruesas sueltas que se han interpretado como depositadas en ambiente estuarino o marino restringido con influencia fluvial. Sin embargo, existe la posibilidad de que los materiales que constituyen la mayor parte de esta unidad sean arenas miocenas o pliocenas que se encuentren embebidas en el agua salobre del acuífero o fuertemente meteorizadas y ofrezcan bajos valores de resistividad.

La unidad B2 podría corresponder, igualmente, a materiales detríticos también embebidos en agua salobre, como las Areniscas del Aljibe (Mioceno inferior-medio) que se encontraran fuertemente alteradas, o incluso a los materiales yesíferos citados anteriormente, lo que explicaría la presencia de agua con cierta salinidad a tanta profundidad. Su potencia sería de algo más de 300 m.

Los límites de este surco tectónico en sus márgenes norte y sur en esta zona podrían relacionarse con la presencia de dos conjuntos de fallas normales que se asociarían a los procesos distensivos de esta zona descritos por Zazo *et al.* (1999). No obstante, no contamos con muchos datos acerca del margen septentrional del contacto. Sin embargo, dos de los SEV reali-

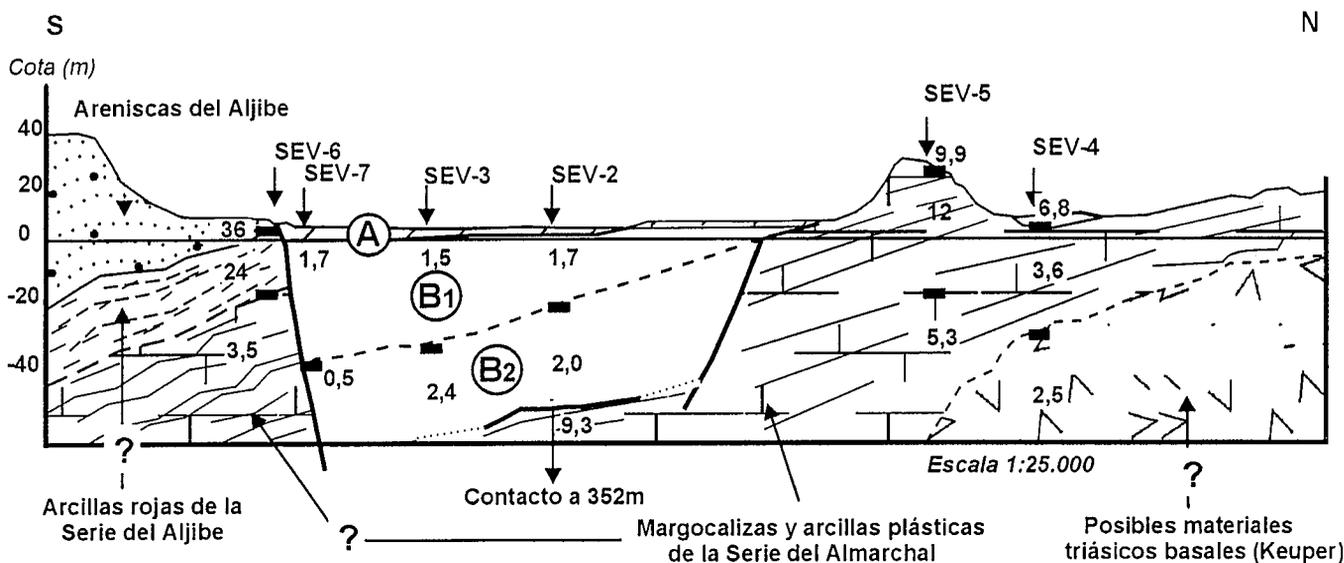


Fig. 4.- Interpretación de las unidades geoelectricas en un perfil N-S construido a partir de los datos correspondientes a los SEVs 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Fig. 4.- Geoelectric units interpreted from a composed section based on Electric-logs 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

zados se localizan en el margen meridional de la laguna, en contacto con el sustrato, y aportan valiosa información al respecto. Estos datos parecen indicar la presencia de una falla normal con un salto de al menos 300 m que afectaría a los materiales preorogénicos y condicionaría la formación de la depresión endorréica de la Janda y su posterior relleno sedimentario. El acuíñamiento de los materiales más recientes podría indicar una continuación de la actividad subsidente durante el Pleistoceno y el funcionamiento de dicha fractura como una falla lístrica.

Conclusiones

El estudio geofísico de los materiales que rellenan la depresión de la Janda (Cádiz) se ve dificultado por la presencia de un acuífero salino, de origen marino o debido a la presencia de materiales yesíferos triásicos, que enmascara los datos obtenidos en los sondeos eléctricos verticales al homogeneizar los valores de resistividades obtenidos. Los valores de refracción sísmica y sondeos eléctricos muestran una primera unidad en superficie de 4-6 m de espesor que corresponde a arcillas y sedimentos finos aluviales y de relleno lagunar denominada Unidad A. Por debajo, se encuentra un conjunto de sedimentos embebidos en el acuífero que alcanzan, al menos, 350 m de profundidad con unos valores de resistividad muy bajos (entre 1,5 y 2,4 Ω/m). A esta unidad se la denomina Unidad B y se subdivide en otras dos subunidades; B1 y B2. La primera presenta resistividades muy bajas de 1,5 a 1,7 Ω/m y una morfología que se

acuña hacia el norte desde aproximadamente 40 m a 30 m de profundidad. Ésta podría corresponder al relleno plio-pleistoceno de la depresión o a la alteración de materiales arenosos miocenos o pliocenos. La subunidad B1 culmina con la deposición de arenas estuarinas o de una bahía restringida con influencia de agua dulce ca. 3810 cal BP. Subyacente a esta unidad se encuentra la unidad B2 que corresponde a otras facies que también contienen agua salada y se trataría de materiales miocenos como las areniscas del Aljibe (Mioceno inferior-medio) que hayan sido alteradas o incluso sedimentos yesíferos del Triásico causantes de la salinidad del acuífero. Hacia los 350 m de profundidad se encuentra una discontinuidad más clara en los valores de resistividad (9,3 Ω/m) y son muy semejantes a los obtenidos en afloramientos superficiales de las unidades del Almarchal (Cretácico) (9,9 Ω/m). Si la interpretación de los datos anteriores es la correcta, se encontraría una falla normal en el borde sur de la laguna con un salto acumulado superior a los 40m y que podría actuar como una falla lístrica que genera una morfología asimétrica de la depresión.

Agradecimientos

Proyectos: DGES PB98-0514 y PB98-0265, IGCP 437, F. Areces "Cambios climáticos y del nivel del Mar".

Referencias

Dueñas, M. A. (1999): *Tesis Doctoral*, Univ. de Córdoba (inédita), 419 pp.
 Dueñas, M. A., Núñez, M. A., Castro, J.

C. y Recio, J. M. (1997): *Reunión del Cuaternario del litoral y entorno continental del mar de Alborán*: 87-89.
 Goy, J. L. y Zazo, C. (coord.) (1994): *Estudio Neotectónico del Estrecho de Gibraltar (zona norte)*. Univ. Salamanca-SECEGSA, Madrid: 78 pp.
 Goy, J. L., Zazo, C., Silva, P. G., Lario, J., Bardají, T. y Somoza, L. (1995): *IV Coloquio Internacional sobre el enlace fijo del Estrecho de Gibraltar*, Sevilla: 111-122.
 Hernández-Pacheco, E. (1915): *Trab. Mus. Nac. Cien. Nat. de Madrid*, serie geol., 13: 3-28.
 Hernández-Pacheco, E. y Cabré, J. (1913): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XIII: 349-359.
 Luque, L., Zazo, C., Recio, J. M., Dueñas, M. M., Goy, J. L., Lario, J., González-Hernández, F. M., Dabrio, C. J. y González-Delgado, A. (1999): *Cuat. y Geomorf.*, 13 (3-4): 43-50.
 Ramírez-Delgado, J. R., Fernández, C. y Mateos, V. (1989): En: *El Cuaternario en Andalucía Occidental*. AEQUA, Monografías, 1: 105-111.
 Recio, J. M. (1997): *Reunión del Cuaternario del litoral y entorno continental del mar de Alborán*: 81-84.
 Zazo, C. y Goy, J. L. (1990a): *MAGNA 1:50.000. Hoja Tahivilla -1074*. ITGE.
 Zazo, C. y Goy, J. L. (1990b): *MAGNA 1:50.000. Hoja Vejer de la Frontera -1073*. ITGE.
 Zazo, C., Silva, P. G., Goy, J. L., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Lario, J., Bardají, T. y González, A. (1999): *Tectonophysics*, 301: 95-109.