

EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA DE LA LAGUNA DE LA JANDA (CÁDIZ) DURANTE EL HOLOCENO

L. LUQUE (1), C. ZAZO (1), J.M. RECIO (2), M.A. DUEÑAS (2),
J.L. GOY (3), J. LARIO (1), F. GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ (3),
C.J. DABRIO (4) & A. GONZÁLEZ-DELGADO (3)

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

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

(3) Dept. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca,
37008 Salamanca.

(4) Dept. Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas,
Universidad Complutense, 28040 Madrid.

Resumen. El estudio de un sondeo (JAN99-1) realizado sobre los depósitos que rellenan la Depresión de la Janda (Cádiz) ha aportado más información acerca de la evolución de esta depresión a lo largo del Holoceno. Tras el último máximo transgresivo flandriense (6500 a BP) la depresión fue inundada por el mar a través del surco de Vejer-Barbate. A partir de al menos 3800 a BP la depresión se colmata y cierra la conexión con el mar abierto, dando comienzo la sedimentación aluvial. Sólo en tiempos relativamente recientes se llega a formar una verdadera laguna.

Palabras clave: Ambiente estuarino, sondeo, datación ^{14}C , clima, Holoceno, Cádiz

Abstract. The study of a log (JAN99-1) carried out in the filling deposits of La Janda Depression (Cádiz) throw new information about the more recent Holocene evolution of this ancient lacustrine environment. After the last transgressive maximum (Flandrian: 6500 yr BP) the depression was occupied by the sea through the Vejer-Barbate trough. From at least 3800 a BP the depression was eventually filled promoting the end of sea-connection and giving place to alluvial sedimentation. Only during the recentmost times the lacustrine environment is developed.

Keywords: Estuarine environment, log, ^{14}C dating, climate, Holocene, Cádiz

1. Introducción y situación de la laguna de la Janda

La laguna de la Janda se sitúa en el sur de la provincia de Cádiz, cerca de la población de Vejer de la Frontera y a 10 kilómetros de la línea de costa. Actualmente, se encuentra prácticamente desecada por la desviación artificial del curso de los ríos Barbate y Almodóvar que la alimentaban. Tiene una morfología alargada en dirección E-W y una longitud de unos 4 Km, se encuentra a una cota de +3,5-4 m sobre el nivel del mar y presenta una profundidad que raramente llega a 1 m de agua. En época de fuertes lluvias, la depresión de la Janda queda parcialmente inundada, habiendo llegado en épocas históricas a comunicarse con el mar en períodos de temporales excepcionales como las inundaciones de 1796 (Ayala, 1989).

Dada la baja cota y proximidad al mar, así como la relación de su origen y desarrollo con la tectónica y evolución costera del área durante el Cuaternario, realizamos un sondeo (JAN99-1) en la parte central con el fin de conocer su evolución durante el Presente Interglacial.

2. Contexto geológico y antecedentes

La depresión donde se sitúa la laguna de la Janda se desarrolla sobre materiales de las Unidades alóctonas del «Campo de Gibraltar» y los materiales neógenos y cuaternarios postorogénicos. Ésta tiene un origen tectónico que se relaciona con el acortamiento producido por la colisión entre las placas africana y europea que genera, al menos desde el Mioceno superior, un conjunto de fallas conjugadas NE-SW y NW-SE que dividen el Estrecho de Gibraltar en varios bloques (Goy *et al.*, 1995) (figura 1). La compresión N-S da lugar también a procesos distensivos E-W perpendiculares que forman surcos tectónicos, tales como los de Vejer-Barbate y Algeciras, así como la reactivación de antiguas fracturas que toman una componente normal (Zazo

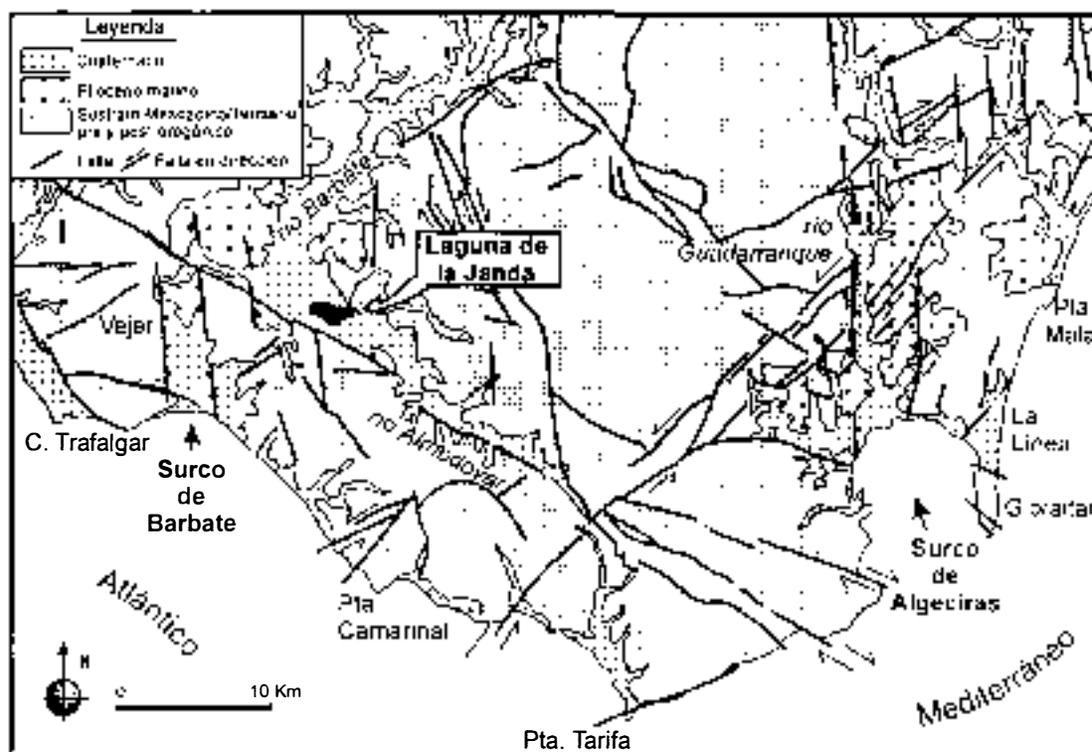


Figura 1. Situación de la laguna de la Janda dentro del contexto tectónico del Estrecho de Gibraltar (modificado de Zazo *et al.*, 1999a)
 Location of La Janda Lake in the tectonic framework of the Gibraltar Strait (after Zazo *et al.*, 1999a)

et al., 1999a). Durante el Plioceno se produce sedimentación marina y estuarina asociada al Surco de Barbate. En el Pleistoceno inferior se depositan terrazas marinas próximas a la costa mientras que en el entorno de la laguna se depositan materiales arenosos con cantos de cuarcita asociados al río Barbate así como abanicos aluviales que no muestran relación con la red fluvial secundaria actual (Zazo y Goy, 1990a y b). Hasta el Pleistoceno medio y superior no se desarrolla un sistema de terrazas fluviales de los ríos Barbate y Almodóvar. Estos, desembocaban en la depresión de la Janda, creando una zona endorreica. En el Pleistoceno superior o el Holoceno se produjo la captura del río Barbate por erosión remontante, pasando de una dirección W-E a N-S y desembocando a través del surco de Barbate como hace actualmente (Goy y Zazo, 1994). La cartografía histórica muestra una importante variación en la extensión de las zonas inundadas, ya que evolucionan desde una amplia zona inundable hace 150 años (Coello, 1868) a varias lagunas individualizadas en la primera mitad del presente siglo. Muchas de éstas se encuentran hoy en día totalmente desecadas.

El origen tectónico de la depresión de la Janda fue propuesto desde los primeros estudios de la zona (Hernández-Pacheco y Cabré, 1913 y Hernández-Pacheco, 1915, o más recientemente Ramírez-Delgado, 1989), si bien Dueñas *et al.* (1997) proponen como alternativa que pudo generarse como consecuencia de la disolución y colapso de los materiales yesíferos triásicos del sustrato durante las bajadas del nivel de base de los ríos en los periodos glaciales

3. Resultados del sondeo JAN99-1

Con el fin de determinar si se ha producido entradas marinas en la depresión de la Janda y cual ha sido su evolución durante el Presente Interglacial se ha realizado un sondeo en la zona (JAN99-1). Previamente, Dueñas *et al.*, (1997) llevaron a cabo varias catas en la depresión en las que se localizaron más de 4 m de potencia de arcillas lagunares que cubrían depósitos fluviales. La evolución del humedal de la Janda correspondería a una fase lacustre que se instala durante el Holoceno sustituyendo a un régimen precedente caracterizado por una clara dinámica de carácter fluvial (Dueñas, 1999).

El sondeo JAN99-1 se sitúa en las coordenadas 36°14'30" N, 5°48'45" W, en el Charco de los Ansares, parte central de la antigua laguna de la Janda (figura 2). Se encuentra a una cota de +3,5 m y alcanzó una profundidad de 5,4 m. Se realizó por medio de un martillo percutor eléctrico que introduce una sonda de 1 m de longitud y 48 mm de diámetro interior, que permite la recuperación de testigo continuo. Se tomaron un total de 28 muestras en los diferentes niveles observados en la columna del sondeo y se han estudiado sus características litológicas y paleontológicas. También, se ha llevado a cabo una datación ¹⁴C, por medio de AMS, sobre una concha del género *Cerastoderma*.

Descripción de los distintos tramos del sondeo:

1. Los primeros 1,2 m corresponden a arcillas limosas con algo de arenas finas de color marrón oscuro que incluyen algunos cantos dispersos de tamaño milimétrico de arenisca. La parte superior del sondeo corresponde al suelo agrícola y se comprimió considerablemente al paso de la sonda. Entre 0,9 y 1,2 m las arcillas están más hidromorfizadas y con más marcas de oxidación. La base del tramo presenta algunos restos de ostrácodos (*Ilyocypris gibba* y *Candona neglecta*, propios de aguas dulces) y una presencia muy escasa de restos vegetales o caráceas. El medio podría corresponder a un área lagunar más o menos estable en la base y desecada a techo.
2. Entre 1,2 y 2 m se encuentran arcillas también arenosas, de un color más oscuro y grisáceo, con huellas de oxidación. Hasta 1,65 m presenta cantos milimétricos dispersos y materia orgánica. La parte alta de este segundo tramo es prácticamente azoica, y en la base los ostrácodos (de las mismas especies que el tramo anterior) son muy escasos. Por el contrario, son muy abundantes los restos vegetales y las caráceas. Podría tratarse de una zona encharcada temporalmente con abundante vegetación, pero que, excepto en la base, no presente un cuerpo lacustre perenne.
3. El tramo entre los 2 y 3,4 m de profundidad está constituido por arcillas verdosas-marrones gleicas con hidromorfía y cantos milimétricos muy dispersos hasta los 2,4 m. Presenta manchas de oxidación en todo el tramo. En la base no se encuentran casi restos vegetales ni caráceas y sólo en un pequeño tramo más grisáceo a 3,1 m se observa algún resto de ostrácodos del tipo *Candona sp.* El

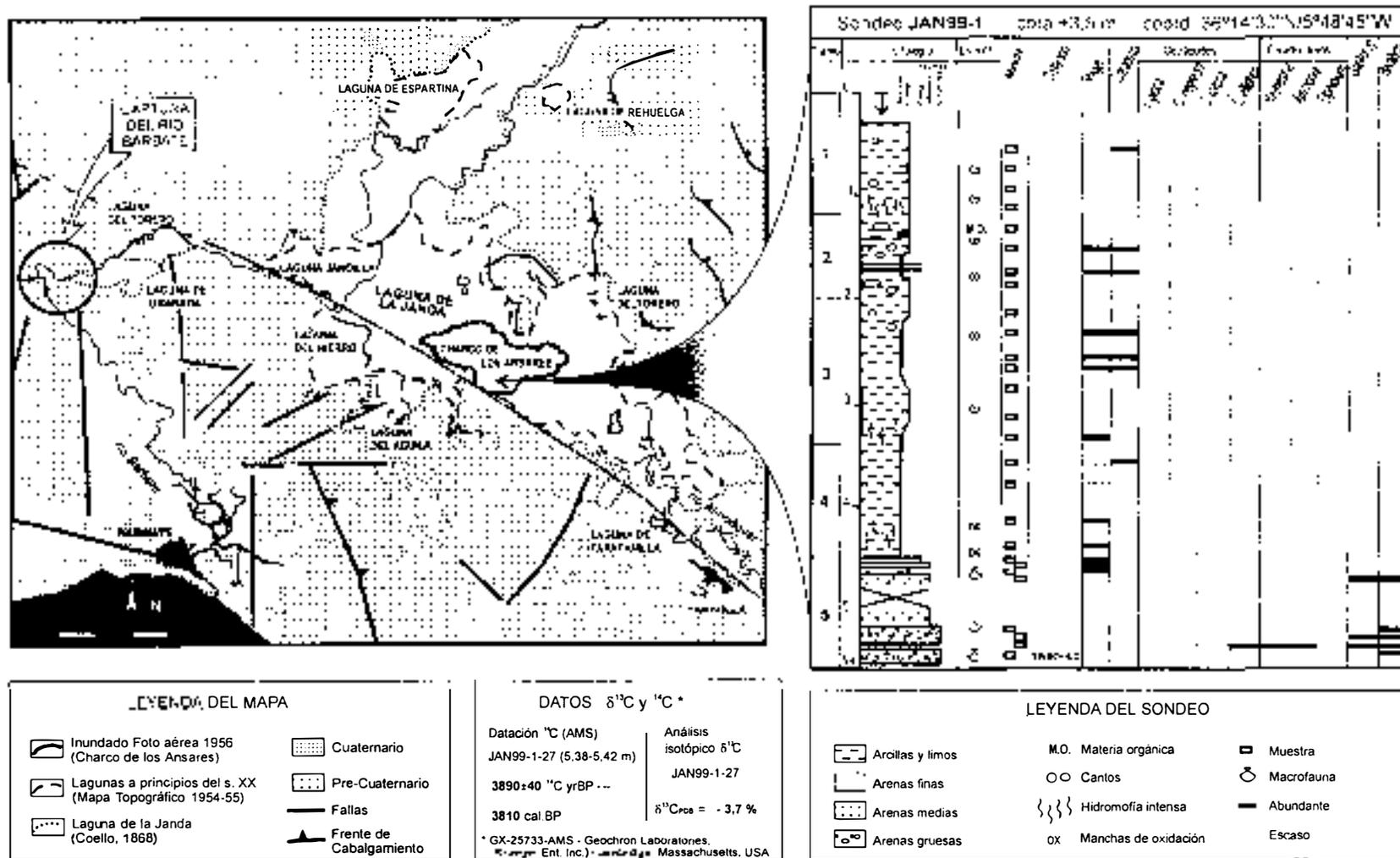


Figura 2. Situación y descripción del sondeo JAN99-1. Mapa que representa el contorno de la Laguna de la Janda desde mediados del siglo XIX hasta la actualidad
 Location and description of log JAN99-1. The map represent the contour of the La Janda Lake since the middle 19th Century to the present days

medio deposicional se puede atribuir a un medio aluvial que solo se encharcaba temporalmente y más frecuentemente a techo que en la base del tramo.

4. Desde 3,4 hasta 4,5 m encontramos arcillas casi sin arenas, de color gris azulado a techo que se hacen pardo-grisáceas hacia muro y desde 4,2 m grises con abundante hidromorfía. Contienen algunos cantos con manchas de óxidos dispersos entre 3,6 y 3,8 m y de 4,3 a 4,4 m, abundantes restos de vegetales (caráceas sólo a techo) y carece de fauna. Se trataría de un medio lacustre, vegetado pero sólo inundado en avenidas.
5. La base del sondeo, entre 4,5 m y 5,4 m, es netamente arenosa. A techo alternan arenas finas grises con matriz arcillosa y arcillas muy arenosas, con abundantes restos vegetales y sin fauna hasta 4,62 m. Por debajo se encuentran arenas marrones de grano medio con abundantes restos de macrofauna (gasterópodos y bivalvos) y escasos restos vegetales. Las arenas se hacen más gruesas hasta 5,3 m, describiendo una secuencia granodecreciente. Por debajo, de nuevo se presenta otra pequeña secuencia granodecreciente con arenas finas muy arcillosas de color gris sobre arenas de grano grueso casi sin matriz muy ricas en macrofauna y sin restos vegetales. Este nivel más fino gris es el único que contiene microfauna propia de un medio de influencia marina, con los géneros de foraminíferos *Haynesina*, *Ammonia* y *Elphidium* y los ostrácodos *Cyprideis torosa* y *Loxoconcha elliptica*. Esta fauna es indicadora de aguas salobres, o mezcla de aguas, propias de un medio estuarino, de desembocadura, si bien la ausencia de foraminíferos planctónicos, miliólidos, briozoos o equinodermos indican también que la zona no estaba conectada directamente con mar abierto. La macrofauna está constituida por gasterópodos (*Hydrobia sp.*) y bivalvos (*Cerastoderma edule*, *Scrobicularia scrobicularia* y *Ostrea sp.*) propios de aguas salobres y escasa profundidad como rías o desembocaduras de estuarios. Estos datos indican un cambio neto de condiciones, ya que indican el paso de un medio fluvio-marino al netamente aluvial y lacustre de la parte alta del sondeo. El techo de estos depósitos podría estar retrabajado eólicamente o por el avance de las facies aluviales posteriores y se sitúa a una cota de -1 m bajo el nivel medio del mar actual (0m, nivel medio marea alta). Se ha realizado una datación de ^{14}C (AMS) sobre una concha de *Cerastoderma* del nivel arenoso mas bajo, a 5,4 m, que aporta una edad de 3810 calBP, con un valor $\delta^{13}\text{C}$ de $-3,7\text{‰}$.

4. Discusión

Los depósitos de terraza de los ríos Barbate y Almodóvar indican que los cauces seguían un curso semejante al actual durante el Pleistoceno medio y superior, sin embargo, como se ha indicado anteriormente, no desembocaban en el mar sino en la zona endorréica de la depresión. No hay registro sedimentario que indique que llegaran a superar el umbral más bajo (actualmente a +32 m) del relieve que separa la depresión del mar, en las lomas del Pericón. Observando las inundaciones causadas por los periodos de intensa lluvia en la actualidad, se puede suponer que durante esta época las inundaciones serían mayores y más frecuentes debido a la dificultad de drenaje.

Durante el Último Periodo Glacial, el mar descendió hasta -120 m bajo el nivel del mar actual (Hernández-Molina, 1993) y con él el nivel de base de los ríos, por lo que se produjo el encajamiento de la red fluvial actual. La costa se situaba en esta zona a unos 15 Km de distancia de la actual y a unos 20 Km del margen meridional de la Laguna. Posiblemente, en esta época se produce la captura del río Barbate que pasa a desembocar, a través del surco tectónico de Vejer-Barbate, en dirección N-S desaguando la Laguna. La erosión de los materiales sedimentarios que rellenaban la depresión pudo verse incrementada por la aridez detectada en este periodo (Zazo *et al.*, 1999b).

A partir de 15000 aBP comienza la transgresión Flandriense. El nivel del mar asciende desde -120 m hasta aproximadamente el nivel actual a los ca. 6500 aBP. Posteriormente, se producen ligeros cambios de altura debido a reajustes locales y regionales (Zazo y Goy, 1989, Lario, 1996). Una vez que se ha producido la comunicación de la depresión de la Janda con el mar abierto a través del surco de Vejer-Barbate, el ascenso del nivel del mar convierte a la depresión en una bahía interior donde desembocan los cauces de

los ríos Barbate y Almodóvar. La sedimentación fluvio-marina continúa hasta por lo menos 3800 aBP según se deduce de los datos del sondeo JAN99-1 (tramo 5), época en que se debió producir la colmatación de la depresión y el cierre del estrecho paso por donde se comunicaba con el mar. La sedimentación fluvio-marina se relaciona con la deposición de flechas litorales emergidas que, en la costa atlántica de Andalucía, se inicia a los 4200 aBP, es decir, durante la formación de flechas de la unidad H₂ (Zazo *et al.*, 1994, Lario, 1996, Borja *et al.*, 1999). Las unidades más recientes H₃ y H₄ están representadas por los depósitos aluviales y lacustres de los tramos 4, 3 y 2 del sondeo.

En el testigo del sondeo JAN99-1 se registran varios cambios progresivos que son significativos en la sedimentación aluvial y lacustre que rellena la depresión. La parte superior de los depósitos arenosos del tramo 5 pueden corresponder a removilización de las arenas marinas subyacentes ya sea por las avenidas o por generación de depósitos eólicos que se empiezan a producir contemporáneamente a la formación del primer sistema dunar del Holoceno superior a los ca. 2400 aBP (Borja *et al.*, 1999). En el tramo 4 se depositan facies ricas en arenas finas y arcilla provenientes de los abanicos en periodos de avenida. Son depósitos de cierta pendiente que impiden la formación de cuerpos lacustres estables, también debido al sustrato arenoso, y sólo se encharcan temporalmente, estando recubiertos de abundante vegetación. En el tramo 3 los rellenos son más arcillosos, posiblemente debido a una escorrentía mas encauzada, y una pendiente más baja que permite que la depresión se encharque de forma más prolongada sobre un sustrato arcilloso impermeable y de difícil drenaje. Estas zonas encharcadas se van haciendo más estables hacia techo. En los dos primeros tramos del sondeo, entre 2 y 0,8 m de profundidad, encontramos depósitos que corresponden a una laguna con una profundidad de agua considerable, como demuestra la reducción de la vegetación, y una mayor estabilidad indicada por la mayor presencia de microfauna (ostrácodos típicos de agua dulce). Los primeros 0,8 m corresponden a la laguna casi colmatada, siendo la parte superior alterada por las actividades antrópicas.

Las marismas de Barbate, desagüe natural de la laguna, comenzaron a rellenarse, posiblemente, de forma posterior a la Janda, ya que la mayoría de los aportes sedimentarios que la alimentan provienen del río Barbate. El relleno de la misma se ha acelerado en los últimos siglos como demuestra el hecho de que el río fuera navegable hasta un molino situado al pie de la población de Vejer de la Frontera y situado a unos 7 Km del mar abierto, a mediados del siglo pasado (Madoz, 1845).

Actualmente la zona está muy modificada antrópicamente por el uso agrícola del suelo, el desvío de la escorrentía de los ríos Almodóvar y Barbate para la desecación de las lagunas iniciado el siglo pasado y culminado en los años 40, la construcción de obras portuarias que modifican la distribución de arenas en el litoral, removilización de tierras utilizadas como vertederos o la sobreexplotación y descenso del acuífero (Ayala, 1989, Dueñas *et al.*, 1997, Recio, 1997).

5. Conclusiones

La captura del río Barbate y el cambio de condiciones endorréicas a exorréicas de la depresión se debió producir durante el Último Periodo Glacial.

Tras la transgresión Flandriense (máximo ca. 6500 aBP) la zona del surco Vejer-Barbate y la depresión de la Janda se encontraban inundadas por el mar, dando lugar a una bahía interior con carácter estuario hasta hace aproximadamente 3800 años en que se produce el cierre de la conexión con el mar abierto y la colmatación de la cuenca.

A partir de su aislamiento, la depresión comienza la sedimentación netamente continental, con la deposición de arcillas arenosas aluviales que van rellenando la zona. A medida que va presentando un fondo más plano y sustrato más arcilloso pasa de un medio expuesto sólo inundado en periodos de avenidas, a una zona encharcada temporalmente y hacia 2 m de profundidad a una verdadera laguna. En el último metro continúa la colmatación y, como se puede observar en la cartografía histórica, el aislamiento e individualización de las lagunas. Esta se produce coincidiendo con la gran progradación costera de los litorales atlántico y mediterráneo del Sur Peninsular como consecuencia de la actividad humana y una mayor tendencia a la aridez. Este proceso se lleva al extremo cuando a mediados de este siglo la zona es desecada artificialmente.

Agradecimientos

Proyectos: F. Areces «Cambios climáticos y del nivel del Mar», PB95-0109, PB95-0946, IGCP 437, así como su colaboración a Angeles Fernández.

Referencias bibliográficas

- Ayala, F. J. (1989). *Mapa predictor de riesgos de inundaciones en núcleos urbanos de Andalucía y Extremadura*. IGME, Madrid, 205 pp.
- Borja, F., Zazo, C., Dabrio, C. J., Díaz del Olmo, F., Goy, J. L. & Lario, J. (1999). Holocene aeolian phases and human settlements along the Atlantic coastal of Southern Spain. *The Holocene*, 9, 3: 333-339.
- Coello, F. (1868). Mapa de Cádiz, E. 1:100.000. Instituto Geográfico Nacional.
- Dueñas, M. A. (1999). Bases ecológicas para la restauración de los humedales de La Janda (Cádiz, España). *Tesis Doctoral*, Univ. de Córdoba (inédita), 419 pp.
- Dueñas, M. A., Núñez, M. A., Castro, J. C. & Recio, J. M. (1997) Génesis y funcionamiento de humedales en la depresión de la Janda: zona palustre de Janda (Vejer, Cádiz). Comunicación, *Libro de Resúmenes de la Reunión del Cuaternario del litoral y entorno continental del mar de Alborán*: 87-89.
- Goy, J. L. & 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. & Somoza, L. (1995). Evaluación geomorfológica del comportamiento neotectónico del Estrecho de Gibraltar (zona norte) durante el Cuaternario. *IV Coloquio Internacional sobre el enlace fijo del Estrecho de Gibraltar*. Sevilla: 111-122.
- Hernández-Molina, F. J. (1993). Dinámica sedimentaria y evolución durante el Pleistoceno terminal-Holoceno del margen noroccidental del Mar de Alborán: Modelo de estratigrafía secuencial de muy alta resolución en plataformas continentales. *Tesis Doctoral*, Univ. de Granada (inédita), 618 pp.
- Hernández-Pacheco, E. (1915). Las tierras Negras del Extremo Sur de España y sus yacimientos paleolíticos. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid*, serie geol., 13: 3-28.
- Hernández-Pacheco, E. & Cabré, J. (1913). La depresión del Barbate y sus estaciones prehistóricas. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XIII: 349-359.
- Lario, J. (1996). Último y Presente Interglacial en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo (Sur de España). Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes. *Tesis Doctoral*, Univ. Complutense de Madrid (inédita), 269 pp.
- Madoz, P. (1845). *Diccionario geográfico histórico estadístico de España y sus posesiones de Ultramar*. Madrid, v. 9.
- Ramírez-Delgado, J. R., Fernández, C. & Mateos, V. (1989). Aproximación al estudio del Cuaternario de la Laguna de la Janda (Cádiz). En: *El Cuaternario en Andalucía Occidental*. AEQUA, Monografías, 1: 105-111.
- Recio, J. M. (1997). Lagunas, humedales y evolución de los sistemas lacustres. Ponencia. *Libro de Resúmenes de la Reunión del Cuaternario del litoral y entorno continental del mar de Alborán*: 81-84.
- Zazo, C. & Goy, J. L. (1989). Sea level changes in the Iberian Peninsula during the Last 200.000 years. En: *Late Quaternary Sea-level correlation and applications* (D. B. Scott, P. A. Pirazolli & C. A. Honig, eds.), NATO ASI Series C, 256, Blackwell Publ., 27-39.
- Zazo, C., Goy, J. L. (1990a). *Plioceno superior y Cuaternario. Mapa Geológico de España 1:50.000 (2ª serie). Hoja Tahivilla -1074*. ITGE.
- Zazo, C., Goy, J. L. (1990b). *Plioceno superior y Cuaternario. Mapa Geológico de España 1:50.000 (2ª serie). Hoja Vejer de la Frontera -1073*. ITGE.
- Zazo, C., Goy, J. L., Somoza, L., Dabrio, C. J., Belluomini, G., Improta, S., Lario, J., Bardaji, T. & Silva, P. G. (1994). Holocene sequence of Sea-level Fluctuations in Relation to Climatic Trends in the Atlantic-Mediterranean Linkage Coast. *Journal of Coastal Research*, 10, 4: 933-945.

Zazo, C., Silva, P. G., Goy, J. L., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Lario, J., Bardaji, T. & González, A. (1999a). Coastal uplift in continental collision plate boundaries: data from the Last Interglacial marine terraces of the Gibraltar Strait area (South Spain). *Tectonophysics*, 301: 95-109.

Zazo, C., Dabrio, C. J., Borja, F., Goy, J. L., Lezine, A. M., Lario, J., Polo, M. D.; Hoyos, M. & Boersma, J. R. (1999b). Pleistocene and Holocene aeolian facies along the Huelva coast (Southern Spain): climatic and neotectonic implications. *Geologie en Mijnbouw*, 77: 209-224.

Recibido el 9 de septiembre de 1999

Aceptado el 15 de octubre de 1999