

# Litoestratigrafía y paleogeografía de los depósitos Pliocuaternarios del margen NO de las marismas del Guadalquivir (Huelva-Sevilla)

J.M. Salvany<sup>1, 4</sup>, J. Carrera<sup>1</sup>, C. Mediavilla<sup>2</sup>, M. Jaén<sup>1</sup>, E. Vázquez-Suñé<sup>1</sup>, A. Castro<sup>3</sup> y M. Manzano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Ingeniería del Terreno, Universidad Politécnica de Cataluña, 08034 Barcelona.

<sup>2</sup> ITGE, Pza. de España s/n, 41013-Sevilla.

<sup>3</sup> Instituto de Materiales y Suelos, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

<sup>4</sup> josepm.salvany@upc.es

## ABSTRACT

*The main lithostratigraphic and paleogeographic features of the plioquaternary deposits at the NW boundary of the Guadalquivir marshlands (Bajo Guadalquivir basin) are described from the study of 210 hydrogeologic boreholes. Two sets of deposits can be distinguished: the bottom one is a PlioPleistocene deposit of deltaic origin made up of six fining upward sequences which prograded to the SW. The upper one is an Holocene deposit of alluvial origin, which fill a sinuous NE to SW paleovalley eroded on the deltaic deposits. This alluvial deposit is made up of two alluvial sequences and is overlaid by the Guadalquivir marshland sediments. The erosion observed between the deltaic and alluvial deposits probably represents the sea level fall during the maximum last glaciation.*

*Key words: Bajo Guadalquivir basin, Pliocene, Quaternary, lithostratigraphy, alluvial, deltaic.*

## INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta los resultados de un estudio geológico de detalle sobre los depósitos deltaicos y aluviales pliocuaternarios del margen NO de las marismas del Guadalquivir y su enlace con los aluviales holocenos del valle del Guadiamar. Está basado en el análisis y correlación de las columnas litológicas de un total de 210 sondeos hidrogeológicos realizados entre 1970 y la actualidad. Este estudio se ha realizado como paso previo a la modelación hidrogeológica (Castro *et al.*, 1999, Jaén *et al.*, 1999) para la evaluación del riesgo de contaminación del acuífero Almonte-Marismas (equivalente a los Limos y Arenas Basales al oeste del Guadiamar) causado por el vertido de lodos piríticos de la mina de Aznalcóllar, en abril de 1998. Con esta finalidad, en el estudio ha tenido especial importancia definir con la máxima precisión posible la geometría y límites de las diferentes formaciones y tramos litológicos que componen los depósitos pliocuaternarios, con especial énfasis en los niveles de cantos y gravas (niveles más permeables) que constituyen paleocauces aluviales.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Los materiales estudiados corresponden a una parte de la cuenca pliocuaternaria del Bajo Guadalquivir (IGME, 1972 y 1983, Mayoral, 1989, Salvany y Custodio, 1995) (Fig. 1),

limitada inferiormente por las Margas Azules del Mioceno superior (Viguié, 1974). A escala regional, esta cuenca está integrada por diversas formaciones detríticas: la más inferior de ellas son los Limos Basales (Plioceno medio-superior), seguida de las Arenas Basales (Plioceno superior y Pleistoceno) (IGME, 1983). Estas dos formaciones representan un extenso sistema deltaico (*s.l.*) progradante hacia el SO, que recubre las margas miocenas. Los Limos Basales quedan restringidos al margen septentrional de la cuenca, mientras que las Arenas Basales se expanden más hacia el sur, por debajo de las marismas y la franja litoral. Sobre estas dos formaciones basales se dispone discordante un manto aluvial, principalmente pleistoceno, procedente de Sierra Morena (Pendón y Rodríguez Vidal, 1986-87), que a su vez es recubierto por un cordón litoral de dunas (manto eólico) que se extiende de NO a SE y cuya edad abarca desde el Pleistoceno superior hasta la actualidad. La serie culmina con la formación Marismas y los depósitos aluviales de la red de drenaje actual, ambos de edad principalmente holocena. Este relleno sedimentario ha evolucionado en un activo marco neotectónico regional que ha condicionado los principales rasgos paleogeográficos de la cuenca (Rodríguez Vidal, 1989).

## LITOESTRATIGRAFÍA

En el área estudiada, directamente sobre las Margas Azules se disponen las Arenas Basales, con una potencia

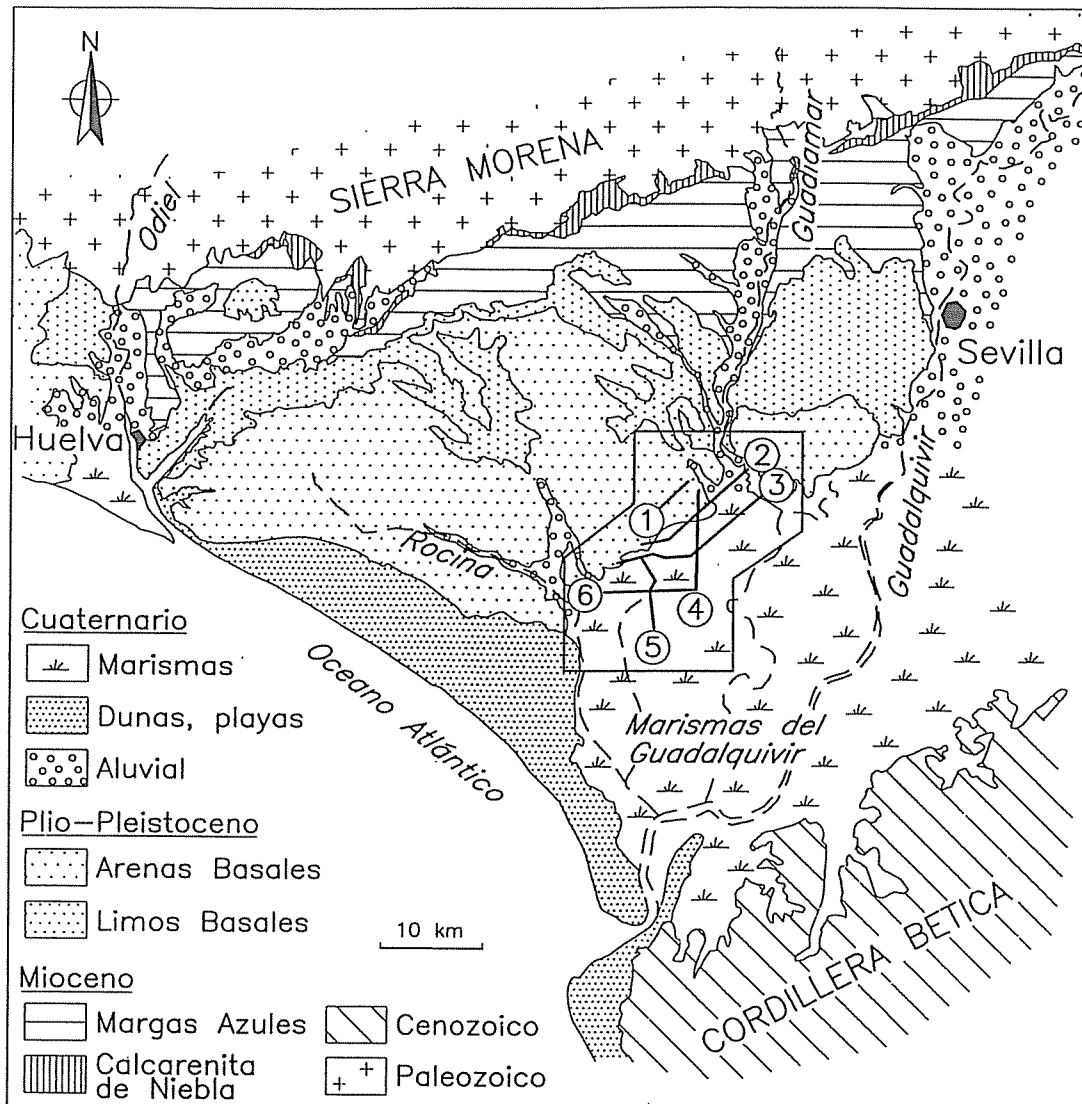


FIGURA 1: Mapa geológico del Bajo Guadalquivir con localización del área estudiada y de los cortes de la figura 2 (adaptado del IGME, 1972).

creciente de norte a sur entre 40 y 130 m (Fig. 2). Esta formación tiene una composición detrítica variada, con cantos rodados, gravas, arenas (o areniscas), limos y arcillas, que forman capas de gran continuidad lateral, de hasta varios metros de espesor cada una de ellas. Entre las arenas y gravas también se reconocen localmente niveles de bioclastos (lumaquelas) que pueden alcanzar hasta 10 m de potencia. Este conjunto de materiales alternan formando un total de 6 ciclos granodecrecientes, de espesor decamétrico, compuestos cada uno de ellos por un nivel inferior de gravas y cantos rodados (G) con base erosiva, un nivel intermedio de arenas (A), con niveles subordinados de gravas, bioclastos y limos; y un nivel superior (L) de limos, arcillas o margas (Fig. 3). El primer ciclo lo constituye un nivel individual de arenas (A1) justo a techo de los Limos Basales, en el extremo NE de la zona de estudio. El segundo ciclo lo forman los niveles G1-A2-L1. El tercer ciclo lo forman los niveles A3-L2. Estos tres primeros ciclos están desarrollados únicamente en la parte noreste del área estudiada. Ha-

cia el sur pasan lateralmente al techo de las Margas Azules. Los tres ciclos superiores son respectivamente, de base a techo: G2-A4-L3, G3-A5-L4 y G4-A6. Estos ciclos se extienden hacia el sur más allá del área estudiada.

Sobre las Arenas Basales se dispone en discordancia angular la formación Aluvial del Guadiamar. El contacto entre ambas unidades constituye un paleorelieve en forma de valle meandriforme, orientado de NE a SO (Fig. 4-A), con una pendiente media del 0.3%, que en su punto más bajo alcanza una cota de -80 m respecto el nivel del mar. La pendiente no es uniforme, muestra un tramo inicial de unos 5 km que alcanza el 0.9% y una zona posterior más suave con una pendiente algo superior al 0.1%. Sobre su margen derecha se encajan diversos valles secundarios, cuyo trazado coincide en buena parte con los arroyos que desembocan actualmente en el margen NO de las marismas.

La formación Aluvial del Guadiamar tiene una potencia que puede variar desde unos pocos metros hasta 75 m. En ella se distingue: a) un nivel basal arcilloso, confinado en el

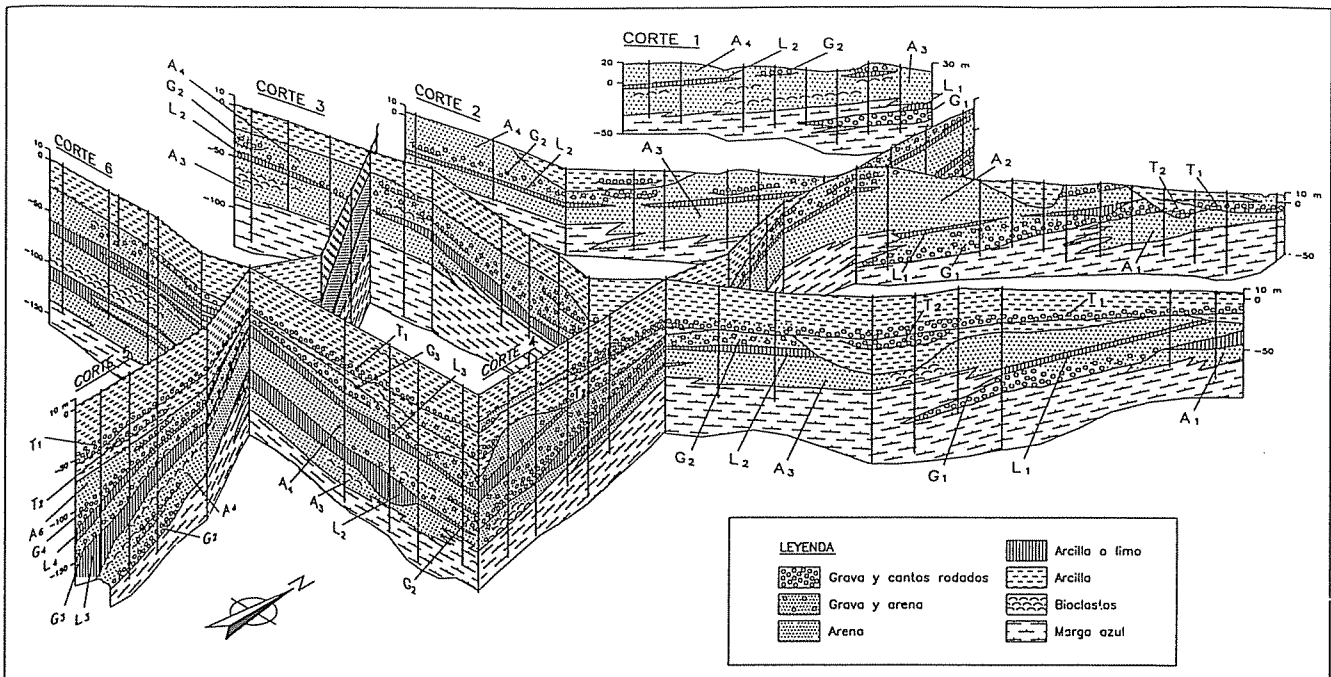


FIGURA 2: Panel en 3D de 6 cortes geológicos de los depósitos pliocuaternarios del área estudiada. Se señalan las diferentes formaciones y tramos litológicos definidos en el estudio. Las líneas gruesas verticales son los sondeos utilizados para realizar los cortes.

fondo del paleovalle y de espesor variable, de hasta 25 m; b) un nivel inferior de cantos rodados y gravas (T2) también restringido a la traza del paleovalle, con una potencia de hasta 20 m (Fig. 4-B1); y c) un nivel superior de cantos y gravas (T1) con una potencia normal de entre 5 y 15 m (localmente hasta 20 m). Este segundo nivel de gravas es más expansivo y ocupa la mayor parte del subsuelo estudiado de las marismas (Fig. 4-B2). Los dos niveles de cantos y gravas están separados por un tramo arcilloso de similares características al nivel basal, que puede alcanzar una potencia de hasta 15 m. El pendiente de estos dos niveles de gravas sigue un marcado paralelismo con el del paleovalle que delimita la base de la formación. Así, ambos niveles muestran una pendiente mayor en los primeros kilómetros del paleovalle, con valores del orden del 0.4%, y menor pendiente, del orden del 0.1%, más adelante.

La formación Marismas se dispone en tránsito gradual sobre el nivel aluvial T1. Constituye una monótona sucesión de arcillas con algunas intercalaciones arenosas o limosas de escasa continuidad lateral, así como pequeños niveles de grava y bioclastos. Hacia el norte estas arcillas pasan lateralmente a los limos y arenas del techo de la terraza T1 del Guadiamar. Hacia el margen noroeste recubren discordantemente las Arenas Basales. Su potencia máxima alcanza los 40 m en el extremo sur del área estudiada y disminuye progresivamente hacia el norte.

## PALEOGEOGRAFÍA

Las Arenas Basales reflejan un claro dispositivo progradante hacia el SO (Fig. 5a). Los diferentes niveles de

arenas bioclásticas (A) representan facies de frente y/o llanura deltaica, que pasan lateralmente hacia el SO a limos o margas prodeltaicas (correspondientes al techo de las Margas Azules). Los niveles de gravas G representan caídas del nivel de base de la cuenca, con expansión hacia el interior de la misma de los depósitos aluviales y erosión de los niveles inferiores. La geometría de estos niveles de grava (Fig. 5b) pone de manifiesto que se trata de paleocauces procedentes del N o NO (Sierra Morena), perpendicular al sentido de progradación del sistema deltaico, lo que sugiere que se trata de cauces subordinados al cauce aluvial principal, que sería más o menos paralelo al eje de la cuenca y desarrollado fuera del área estudiada. Los niveles de arcillas o limos del techo de cada ciclo deltaico representan una subida del nivel de base y consiguiente regresión de las facies arenosas de frente y llanura deltaica. Así, puede concluirse que cada ciclo de las Arenas Basales constituye el registro sedimentario correspondiente a una caída inicial del nivel de base con la expansión de los depósitos aluviales sobre la costa, seguido de una posterior subida del nivel de base, pasándose gradualmente en la vertical de los depósitos deltaicos a los de prodelta.

La superficie basal erosiva (paleovalle) de la formación Aluvial del Guadiamar constituye claramente la prolongación del valle del Guadiamar por debajo de las marismas, produciéndose en la zona de enlace entre estos dos dominios un cambio de dirección del valle de N-S a NE-SO. Los niveles T1 y T2 de cantos y gravas que componen la formación Aluvial son dos ciclos de relleno sedimentario del paleovalle que se corresponden respectivamente con las terrazas T1 y T2 del valle del Guadiamar y con otros cursos

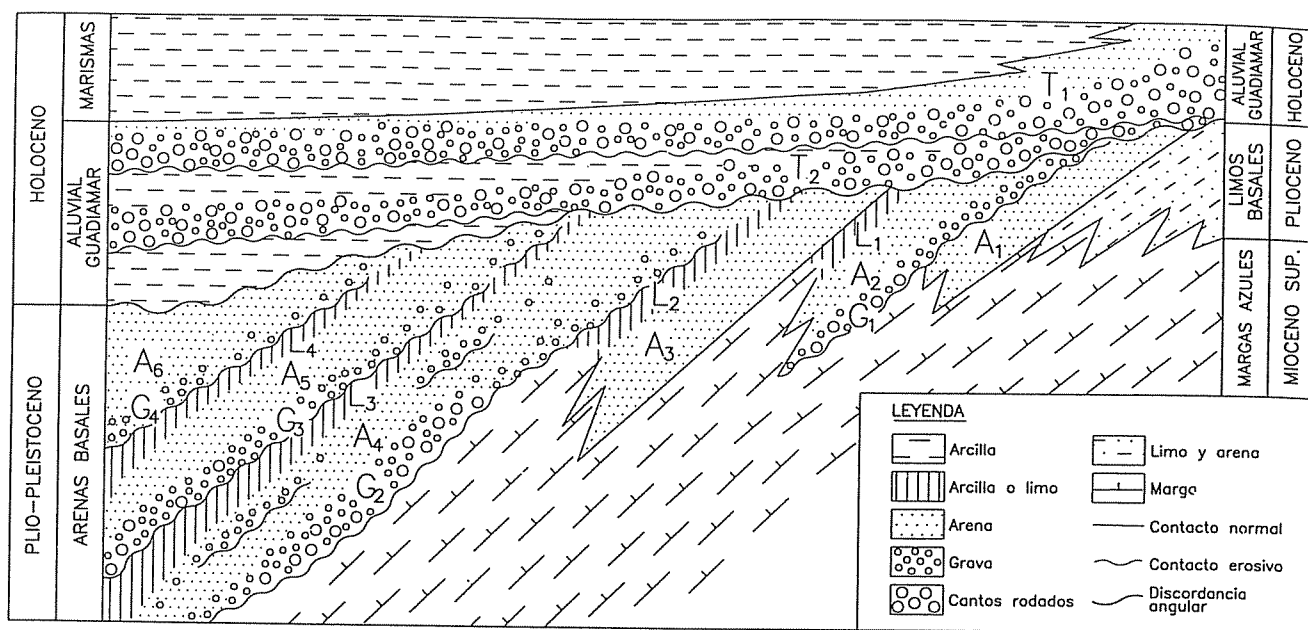


FIGURA 3: Esquema litoestratigráfico (sin escala) de los depósitos pliocuaternarios del área estudiada.

fluviales procedentes del norte, todos ellos con área fuente en Sierra Morena, a excepción del paleovalle de La Cigüeña cuyos depósitos no contienen gravas. Por la edad de las terrazas del Guadiamar (Salvany *et al.*, 2000), pensamos que el paleovalle representa la caída del nivel del mar, del orden del centenar de metros, ocurrida durante el último máximo glacial. Los depósitos de marisma constituyen un retroceso del sistema aluvial e implantación de un medio palustre litoral todavía activo en la actualidad que son las facies aluviales distales de la red de drenaje actual, con importante influencia marina como demuestran los frecuentes niveles de bioclastos.

## NEOTECTÓNICA

En la actualidad las capas de las Arenas Basales buzcan hacia el sur. Sin embargo, el buzamiento original de las capas tuvo que haber sido hacia el SO, siguiendo el sentido de progradación de esta formación. Este hecho sólo puede explicarse mediante un levantamiento regional relativo del margen NO de la cuenca, que habría causado el cambio de rumbo de las capas.

Por otro lado, el cambio brusco de dirección del valle del Guadiamar al sumergirse bajo las marismas (de N-S a NE-SO), a la vez que el aumento repentino del pendiente del valle (del 0.14% al 0.9%) y de los depósitos aluviales asociados (del 0.14% en la T2 y el 0.12% en la T1, ambos al 0.4%), que no es debido a un contraste litológico del substrato, sugieren la existencia de una estructura transversal a la falla del Guadiamar que haya controlado el desarrollo del río en esta parte de la cuenca.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

De lo expuesto, puede resumirse y concluirse los siguientes aspectos principales:

- 1) En el área estudiada, los depósitos pliocuaternarios que descansan sobre las Margas Azules pueden subdividirse en tres formaciones detríticas: Una inferior, equivalente a las Arenas Basales, inclinada hacia el sur, con una potencia variable entre 40 y 130 m. Una intermedia, discordante sobre la anterior, a la que hemos denominado formación Aluvial del Guadiamar, de estructura prácticamente horizontal y una potencia variable de hasta 75 m; y una formación superior, concordante y en tránsito gradual con la anterior, equivalente a la formación Marismas, de un espesor de 40 m. Estas tres formaciones se corresponden respectivamente con las unidades Deltaica, Aluvial y de Las Marismas descritas por Salvany y Custodio (1995).
- 2) En la formación Arenas Basales se reconocen seis ciclos granodecrecientes compuestos por un nivel basal de gravas y cantos con base erosiva, un nivel intermedio arenoso y un nivel superior limo-arcilloso. Estos ciclos se disponen con geometría progradante hacia el SO. El buzamiento de las capas hacia el sur refleja que la cuenca se ha levantado por el NO posteriormente a su deposición.
- 3) En la formación Aluvial del Guadiamar se reconocen dos niveles de cantos y gravas, T1 y T2, que son la prolongación por debajo de las marismas respectivamente de las terrazas T1 y T2 de este río descritas por Salvany *et al.* (2000). También corresponden en parte a

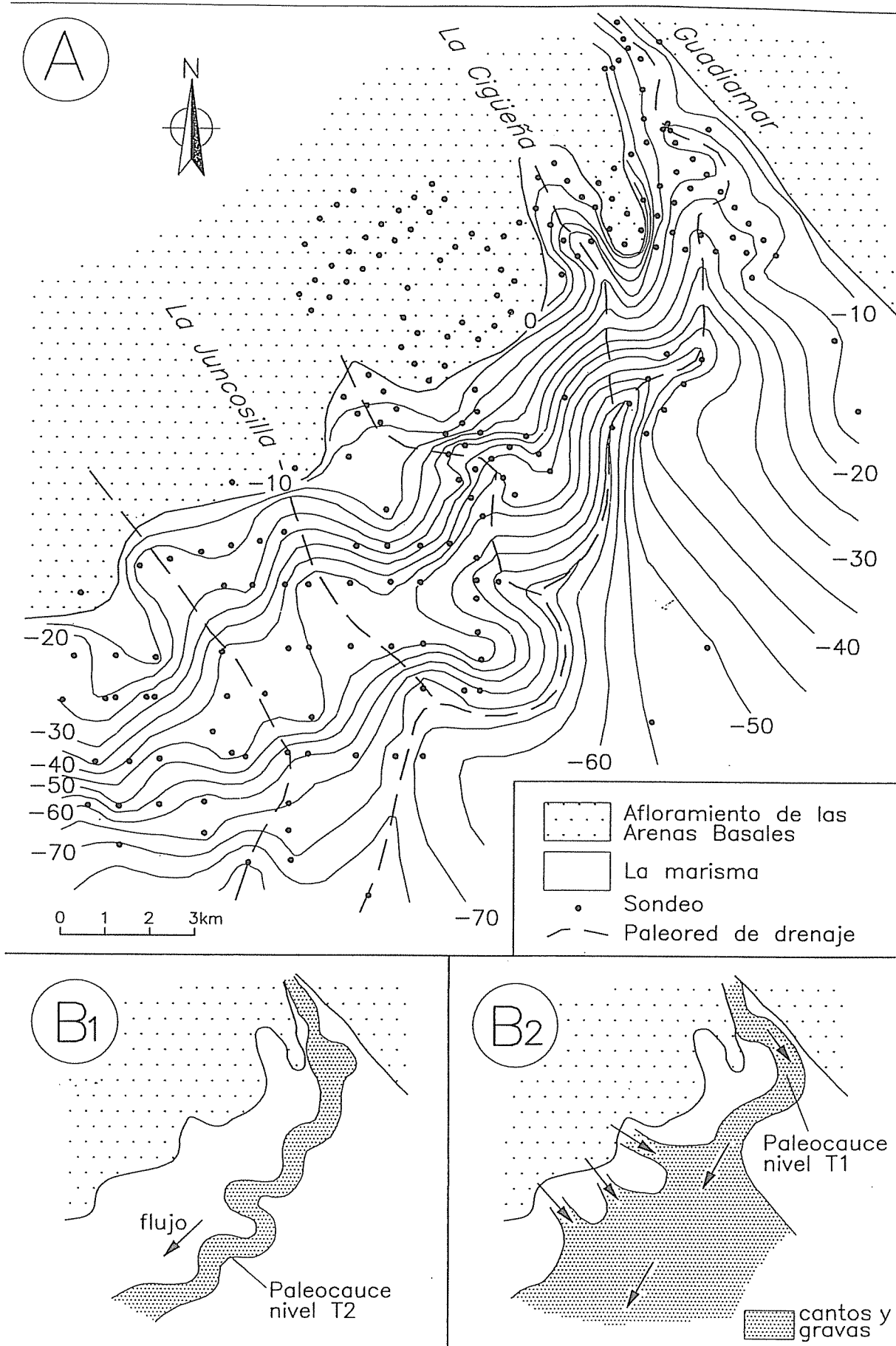


FIGURA 4: (A): isohipsas de la base de la formación Aluvial del Guadamar respecto del nivel del mar. (B): geometría en planta de los 2 niveles de grava y cantos de la formación Aluvial del Guadamar. Las flechas indican el sentido del flujo que los originó.

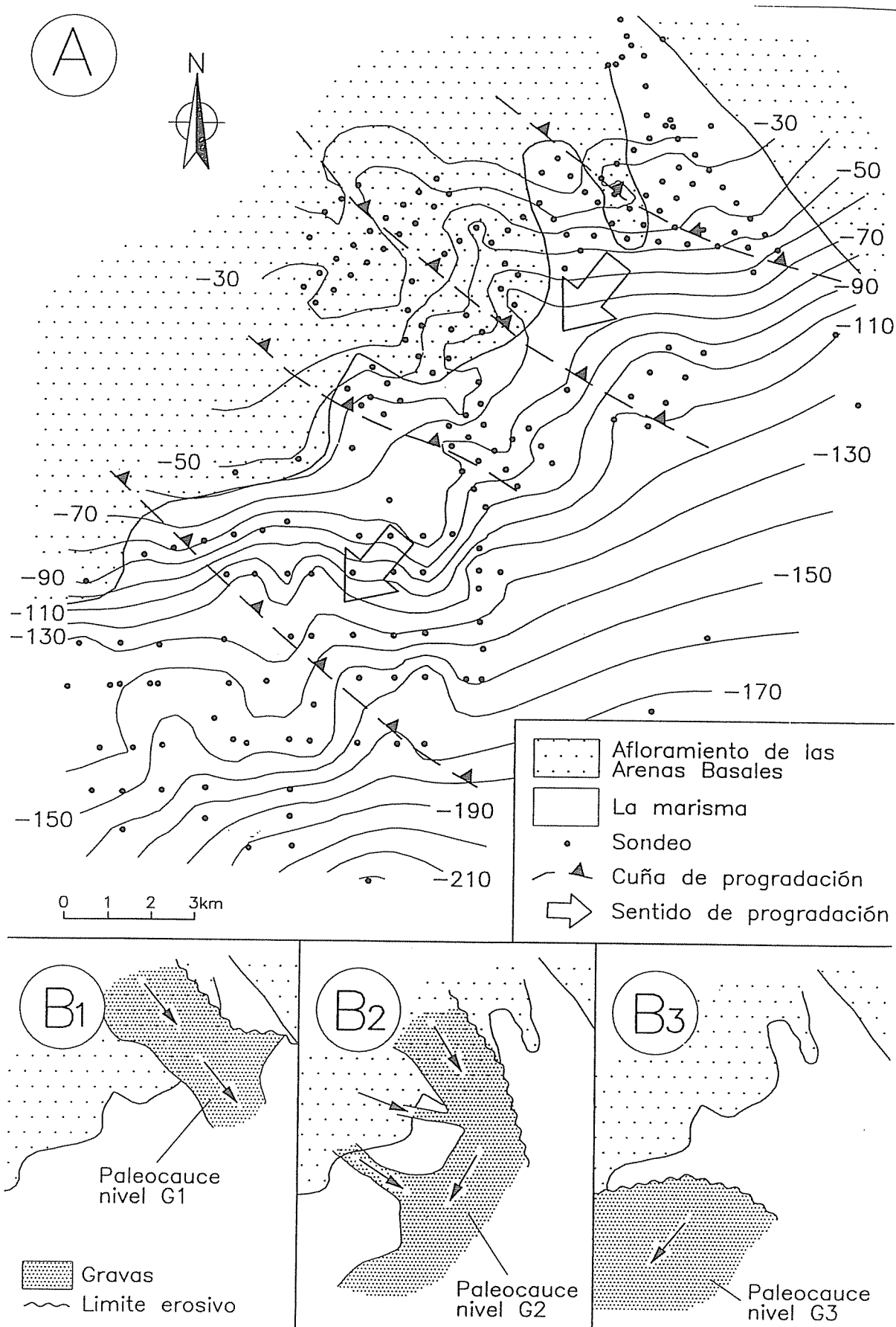


FIGURA 5: (A): isohipsas de la base de las Arenas Basales respecto del nivel del mar, con indicación de las cuñas y sentido de progradación de esta formación. (B): geometría en planta de los principales niveles de grava de esta formación. Las flechas indican el sentido del flujo que los originó.

otros cursos fluviales menores procedentes de NO. La superficie de erosión que limita la base de esta formación constituye un paleovalle meandriforme, orientado de NE a SO, con un pendiente media del 0.3%, ramificado en diversos valles menores por su margen derecha. Los dos niveles aluviales siguen la misma dirección, sentido y similar pendiente que este paleovalle. Por la edad de las terrazas del Guadamar expuesta por Salvany *et al.* (2000), se cree probable que las formaciones Aluvial del Guadamar y Marismas sean holocenas en el área estudiada y que la superficie de erosión subyacente que las delimita sea el resultado de la caída del nivel del mar durante el último máximo glacial. Este hecho contrasta con los datos cronoestratigráficos y sedimentológicos del sondeo Mari López, aportados por Zazo *et al.* (1999). En este sondeo, realizado en el parque de Doñana, unos 5 km al sur de el área por nosotros estudiada, los depósitos de marisma tienen una potencia de 60 m, de los que sólo los 17 m superiores corresponden a la sedimentación posterior a la caída del nivel del mar del último máximo glacial.

- 4) La formación Marismas constituye una monótona sucesión de arcillas con niveles subordinados de arenas y bioclastos, de hasta 40 m de potencia, que constituye la colmatación de la cuenca en condiciones de regresión de los sistemas aluviales hacia el NO.

## REFERENCIAS

- Castro, A., Vázquez, E., Carrera, J., Jaén, M. y Salvany, J.M., (1999): Calibración del modelo regional de flujo subterráneo en la zona de Aznalcóllar, España: ajuste de las extracciones. Serie de Correlación Geológica (Argentina), 13: 21-29.
- IGME, (1972): Mapa Geológico de España, 1:200.000, hojas de Sevilla y Ayamonte-Huelva. Serv. Publ. Min. Industria y Energía.
- IGME (1983): Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno. Serv. Publ. Min. Industria y Energía: 1-120.
- Jaén, M., Vázquez, E., Carrera, J., Castro, A. y Salvany, J.M., (1999): Modelo tridimensional de flujo y transporte de contaminantes en el enlace del río Guadamar con las marismas del Guadalquivir (Aznalcóllar, España). Serie de Correlación Geológica (Argentina), 13: 11-20.
- Mayoral, E. (1989): Geología de la depresión inferior del Guadalquivir. El Cuaternario en Andalucía Occidental. AEQUA Monografías, 1: 7-20.
- Pendón, J.G. y Rodríguez Vidal, J. (1986-87): Caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del Alto Nivel Aluvial cuaternario en el litoral de Huelva. Acta Geológica Hispánica, 21-22: 107-111.
- Rodríguez Vidal, J. (1989): La evolución neotectónica del Sector Occidental de la Depresión del Guadalquivir. El Cuaternario en Andalucía Occidental. AEQUA Monografías, 1: 21-26.
- Salvany, J.M. y Custodio, E. (1995): Características litoestratigráficas de los depósitos plio-cuaternarios del bajo Guadalquivir en el área de Doñana: implicaciones hidrogeológicas. Rev. Soc. Geol. España, 8 (1-2): 21-31.
- Salvany, J.M., Carrera, J., Bolzicco, J., Bernet, O., Mediavilla, C. y Mantecón, R. (2000): Geometría y edad de los depósitos aluviales de los ríos Agrío y Guadamar entre Aznalcóllar y las marismas del Guadalquivir (Huelva-Sevilla). En este volumen.
- Viguié, C. (1974): Le Néogène de l'Andalousie Nord-Occidentale (Espagne): histoire géologique du Bassin du Bas-Guadalquivir. Tesis doctoral, Universidad de Bordeaux: 1-450.
- Zazo, C., Dabrio, C., González, A., Sierro, F., Yll, E.I., Goy, J.L., Luque, L., Pantaleón-Cano, J., Soler, V., Roure, J.M., Lario, J., Hoyos, M. y Borja, F., 1999: The record of the latter glacial and interglacial periods in the Guadalquivir marshlands (Mari López drilling, SW Spain). Geogaceta, 26: 119-122.