

# Geometría y edad de los depósitos aluviales de los ríos Agrío y Guadamar entre Aznalcóllar y las marismas del Guadalquivir (Huelva-Sevilla)

J.M. Salvany<sup>1, 5</sup>, J. Carrera<sup>1</sup>, J. Bolzicco<sup>1, 2</sup>, O. Bernet<sup>1</sup>, C. Mediavilla<sup>3</sup> y R. Mantecón<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Fac. de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

<sup>3</sup> ITGE, Pza. de España s/n, 41013 Sevilla.

<sup>4</sup> CGS, c/ Oscar Carvallo 3, 41018 Sevilla.

<sup>5</sup> josepm.salvany@upc.es

## ABSTRACT

*The main geomorphological features of the Agrío and Guadamar alluvial deposits, at the Bajo Guadalquivir basin, are described from 94 hydrogeologic boreholes and field observations. Three terraces, aligned from north to south, have been distinguished (T3, T2 and T1). Each one is made up of a lower level of gravels and an upper level of sand and silt. These terraces display an asymmetric arrangement caused by the shifting of the valley axis to the east. The present day river forms a fourth terrace (T0) inserted on the T1. We have obtained a <sup>14</sup>C age of 6285 years BP for the top of the T2 terrace, and an age of 5000 and 300 years BP respectively for the bottom and top of the T1 terrace. Therefore, alluvial deposits of the Guadamar river have been developed mainly during the holocene time, possibly following the movements of a sin-sedimentary N-S fault in the tertiary deposits below the river, which caused the terraces shifting.*

**Key words:** Bajo Guadalquivir basin, Guadamar river, Alluvial deposits, Holocene, <sup>14</sup>C, Neotectonics.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo contiene los resultados de un estudio geológico de detalle sobre los depósitos aluviales de los ríos Agrío y Guadamar, situados en la cuenca del Bajo Guadalquivir. Está basado en las observaciones de campo (cartografía 1:20.000) y el análisis de las columnas litológicas de un total de 94 sondeos hidrogeológicos perforados durante 1998 y 1999. Este estudio se ha realizado como paso previo a la modelación hidrogeológica (Bernet, 2000) para la evaluación del impacto en las aguas subterráneas del vertido de lodos piríticos de la mina de Aznalcóllar, en abril de 1998. Los estudios previos existentes sobre este aluvial son muy escasos. Cabe destacar los del Menanteau (1980), IGME (1976, 1977) y CGS (1989), todos ellos basados en datos exclusivamente de superficie.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Los depósitos aluviales del Guadamar tienen por substrato las formaciones neógenas y cuaternarias del Bajo Guadalquivir (Fig. 1). De base a techo, estas formaciones son: la Calcarenita de Niebla (Mioceno superior); las Margas Azules (Mioceno superior); los Limos Basales (Plioceno) y

las Arenas Basales (Pliopleistoceno). Estas formaciones constituyen en conjunto una serie monoclinada inclinada hacia el sur, discordante sobre el zócalo paleozoico de Sierra Morena, de varios centenares de metros de potencia, que aflora a ambos márgenes del valle del Guadamar. Por el sur, los depósitos aluviales del Guadamar pasan lateralmente a los depósitos de las marismas del Guadalquivir (Salvany y Custodio, 1995, Salvany *et al.*, 2000).

## GEOMORFOLOGÍA

### Aspectos geomorfológicos generales

Los depósitos aluviales del Guadamar se extienden a lo largo de 32 km desde Sierra Morena (área fuente) hasta las marismas del Guadalquivir (Fig. 1). Forman cuatro terrazas (Fig. 2): la más antigua de ellas (T3) se individualiza bien en la parte alta del valle (al norte de Sanlúcar La Mayor) y a ambos márgenes del río. En esta zona está desconectada de las otras terrazas, formando diversos enclaves sobre las Margas Azules. Hacia el sur sólo se reconoce en la margen derecha del río y está en contacto con la terraza inferior. Al sur de Aznalcázar deja de reconocerse. La terraza T2 está representada a ambos márgenes del río Agrío, pero en el

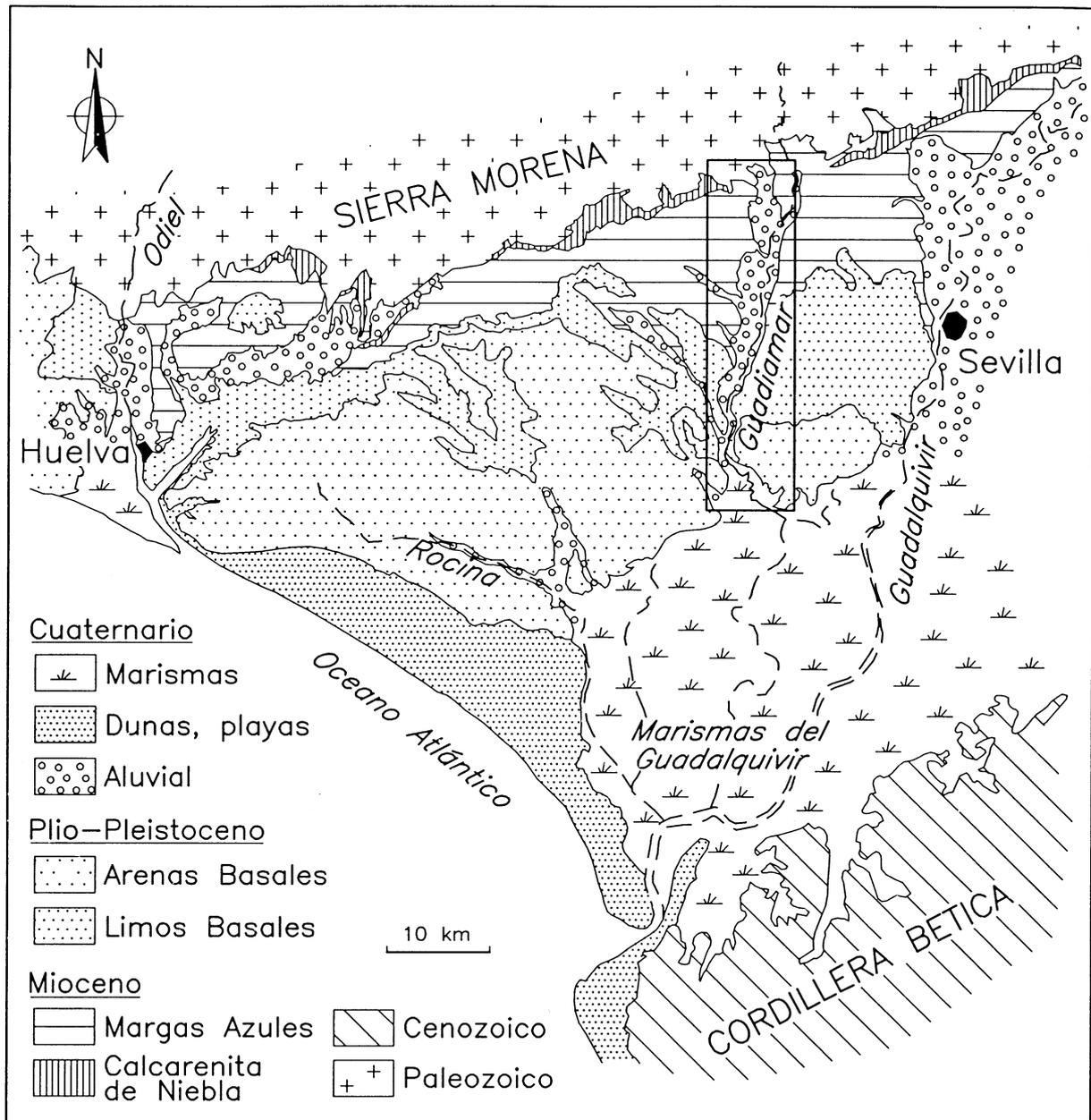


FIGURA 1: Mapa geológico del Bajo Guadalquivir con localización del área estudiada (adaptado del IGME, 1972).

Guadamar sólo lo está en la margen derecha. En la parte alta del valle se diferencia bien de la terraza inferior por la presencia de un continuo escarpe de hasta 4 m de altura. En la parte baja este escarpe pierde altura progresivamente y se hace discontinuo. La terraza T1 se extiende de forma continua a ambos márgenes del río. Sobre ella está encajado el cauce actual del Guadamar (T0), que forma un canal meandriforme con una sinuosidad media de 1.25. Esta sinuosidad muestra una tendencia creciente hacia la parte baja del valle, con valores de hasta 1.62 en la zona de desembocadura en las marismas. El encajamiento de la T0 es de 1 a 1.5 m en la zona del Agrio y aumenta progresivamente hacia el sur, con valores de hasta 5 m por debajo del techo de la T1 en el Vado del Quema (extremo sur del

valle). También en este mismo sentido se manifiesta un progresivo estrechamiento de la T0, con valores de 50 a 200 m en la parte alta del valle, e inferiores a 50 m en la parte baja. En la actualidad, en esta parte superior del valle, la T0 está bastante desfigurada por las labores de limpieza de los lodos piríticos vertidos por la balsa de Aznalcóllar.

La asimetría en la disposición de las terrazas se refleja también en el relieve del substrato terciario circundante. Así, buena parte de la margen izquierda del valle constituye un escarpe de fuerte pendiente al pie de la cual se disponen frecuentes depósitos coluviales que enlazan con la T1. Por el contrario, la margen derecha es mucho más suave y sobre ella discurren los principales afluentes (arroyos) del Guadamar.

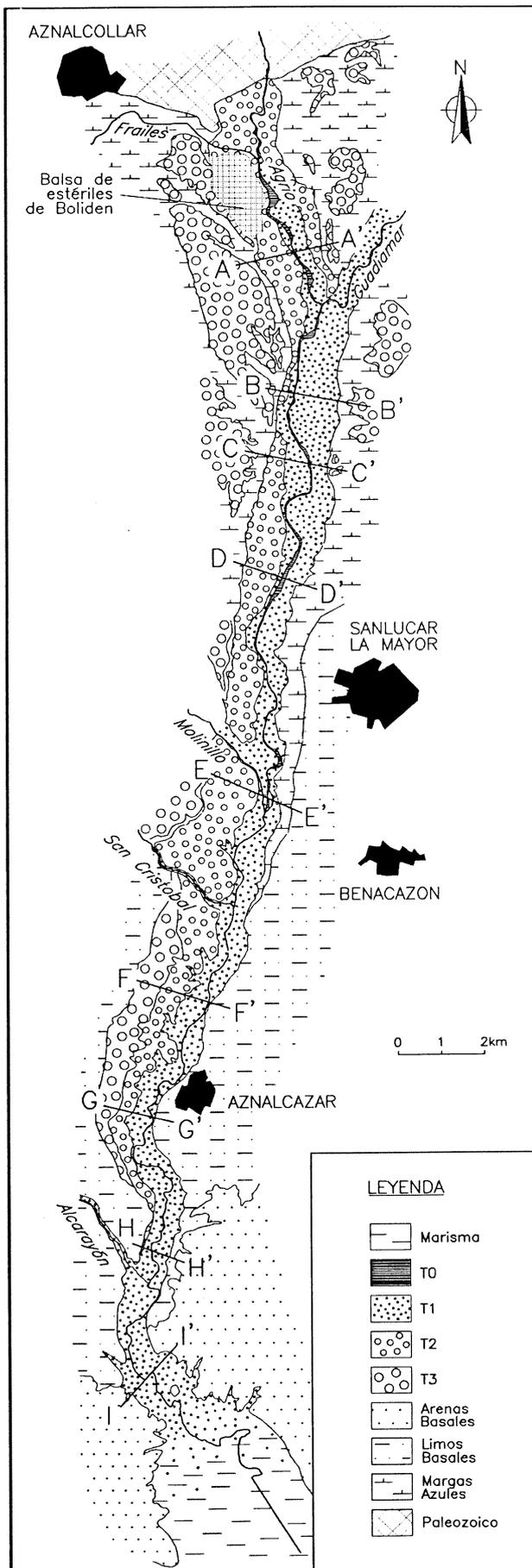


FIGURA 2: Mapa de las terrazas del río Guadiamar con localización de los cortes de la figura 3.

### Composición de las terrazas

Las observaciones de campo y sondeos permiten ver que cada terraza está compuesta por un tramo inferior de cantos y grava, y un tramo superior arenoso con niveles subordinados de limo o grava. El tramo superior se superpone al inferior generalmente de forma gradual, aunque en algunos casos (en la T1) puede tratarse de un contacto neto. En la parte alta del valle el tramo de cantos y grava forma la mayor parte de las tres terrazas pero hacia el sur progresivamente aumenta en espesor el tramo arenoso y las gravas quedan confinadas en la parte más deprimida y profunda de las terrazas. Los cantos son de tamaño raramente superior a 15 cm y, junto con las gravas, son de composición variada: cuarcita, pizarra, esquisto, corneana y granitoides. Entre ellos hay abundante matriz arenosa.

### Geometría de las terrazas

En el río Guadiamar son de destacar los siguientes aspectos (Figs. 2 y 3):

La terraza T1 tiene una potencia máxima que varía de 4 a 16 m, creciente hacia el sur. Presenta una geometría tabular que supone el relleno de un valle de fondo relativamente plano, con una pendiente del 0.14 %. Este valle está excavado en parte sobre los depósitos de la T2 y en parte sobre el substrato terciario. Por el sur, a la altura del Vado del Quema, esta terraza se sumerge gradualmente debajo de los depósitos de las marismas del Guadalquivir (ver Salvany *et. al.*, 2000).

La terraza T2 tiene una potencia (original) que varía de 12 a 25 m, también creciente hacia el sur. Constituye el relleno de un valle meandriforme en forma de "v", con una pendiente del 0.16 %. El eje de este valle es paralelo al de la T1, pero está claramente desplazado hacia el oeste con respecto al eje del valle de esta otra terraza. Del corte H hacia el norte, la terraza T2 aflora en la margen derecha de la T1. Al sur deja de aflorar pero se reconoce bien en subsuelo, por debajo de la T1, marcando un paleovalle más estrecho que se prolonga por debajo de las marismas (Salvany *et. al.*, 2000).

La terraza T3 está muy dismantelada por la erosión y resulta difícil reconstruir su geometría. Sin embargo, se observa que su base se sitúa siempre a una cota del orden de 10 m más baja en la margen derecha del Guadiamar que en su margen izquierda. Por otro lado, en la parte baja del valle esta terraza sólo está representada en la margen derecha del río. Ambos aspectos creemos que son un reflejo de que el eje del paleovalle de la T3 está también desplazado hacia el oeste con respecto al eje de las otras dos terrazas. Para esta terraza la potencia (original) no sería inferior a los 15 m.

En el río Agrío la relación geométrica entre las terrazas T1 y T2 muestra algunas diferencias con respecto al Guadiamar: Por un lado la T2 está bien representada a

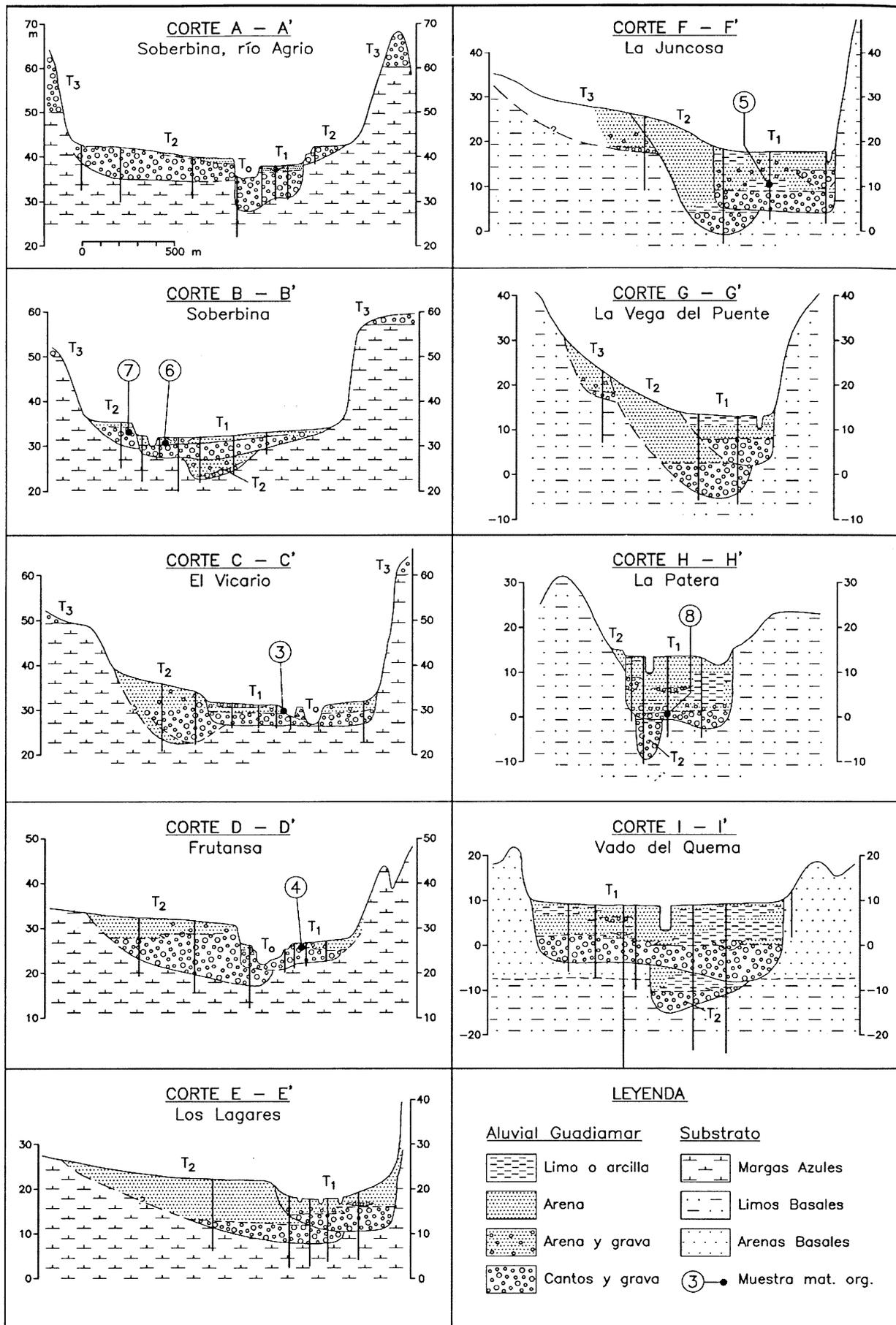


FIGURA 3: Cortes geológicos de las terrazas del río Guadiamar. Las líneas verticales indican la posición de los sondeos sobre los que se han basado los cortes. Ver figura 2 para su localización.

Tabla 1

Resultados de las dataciones mediante  $^{14}\text{C}$  de 6 muestras de materia orgánica procedentes de las terrazas T1 y T2 del Guadiamar. Ver la figura 3 para la localización de las muestras.

núm. muestra	terracea	materia	profundidad	núm. laboratorio	Edad radiocarbónica	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	edad Cal (cal. yr BP)	raugo $1\sigma$ (cal. yr BP)
3	T1	mat. carbonizado	1,5 m (gravera)	Beta-132184	270±60BP	-25,4‰	305	430-285
4	T1	mat. carbonizado	1 m (gravera)	Beta-132185	290±60BP	-22‰	310	440-290
5	T1	madera	9-10 m (sond)	Beta-132186	4430±60BP	-28‰	5035/5005/4990	5265-4880
6	T1	mat. carbonizado	1,5 m (gravera)	Beta-132187	210±70BP	-23,5‰	285	305-0
7	T2	mat. carbonizado	1 m (gravera)	Beta-136255	5470±40BP	-23,9‰	6285	6295-6270
8	T1	madera	13 m (sondeo)	Beta-132188	1800±60BP	-30,4‰	1715	1815-1625

ambos márgenes del río, con una potencia máxima del orden de 5 m. Por otro lado, la T1 muestra un mayor encajamiento en el substrato terciario que la T2 y revela una marcada sinuosidad que hace que en diferentes tramos del cauce actual del río afloren las Margas Azules.

### EDAD DE LAS TERRAZAS

Se han podido datar las terrazas T1 y T2 a partir de los valores de  $^{14}\text{C}$  de seis muestras de materia orgánica (tabla 1). Dos de estas muestras son fragmentos de madera (ramas) atrapados entre las grava y arena procedentes de los testigos de dos de los sondeos hidrogeológicos considerados en este estudio. Las otras cuatro muestras son fragmentos de material carbonizado, disperso entre arena, recogido en los frentes de explotación de diferentes graveras. Para la terraza T1, las muestras 3, 4 y 6, correspondientes a la base del tramo superior de arena en la parte alta del valle del Guadiamar, ofrecen una edad respectivamente de 305, 310 y 285 años. La muestra 5 corresponde también a la base de este tramo arenoso pero en una parte más baja del valle, donde este tramo tiene mayor desarrollo. En este caso la edad es de 4990-5035 años. La muestra 8 procede del tramo basal de cantos y grava, en la parte baja del valle, y su edad es de 1.715 años. La terraza T2 sólo ha podido ser datada en un punto, próximo a la confluencia del Agrío con el Guadiamar. La edad obtenida ha sido de 6.285 años. Estos datos confirman una edad holocena avanzada para las terrazas T1 y T2 del Guadiamar y no excluye la posibilidad de que la T3 pudiera ser también de una edad holocena, más temprana. Es de destacar el hecho de que el encajamiento del Guadiamar en la T1, de hasta 5 m, y la formación de la terraza actual del río (T0) se han producido en un espacio de tiempo muy corto, dentro de los últimos 300 años.

### NEOTECTÓNICA

Creemos que los diferentes aspectos geomorfológicos descritos reflejan un marcado control estructural en el desarrollo del valle del Guadiamar y sus depósitos aluviales.

El progresivo desplazamiento del eje del valle hacia el este (como demuestra la disposición y geometría de las terrazas) y el marcado escarpe del substrato terciario en la margen izquierda del río, sugieren que durante el desarrollo de las terrazas ha actuado una falla paralela al eje del valle que habría causado el basculamiento y hundimiento del bloque occidental respecto del oriental. En este contexto, pensamos que cada terraza podría relacionarse con diferentes pulsaciones en el movimiento de esta falla y que esta dinámica tendría una edad principalmente holocena como demuestran las edades obtenidas. Se confirma, por tanto, la existencia de la falla cuaternaria del Guadiamar descrita por Viguié (1977), que este autor considera activa durante el Cuaternario antiguo, a partir de límite plioceno-Cuaternario, y que por lo expuesto en el presente estudio su actividad se extendería también a lo largo del Holoceno.

### RESUMEN Y CONCLUSIONES

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

1) En el valle aluvial de los ríos Agrío y Guadiamar pueden diferenciarse cuatro terrazas: T3, T2, T1 y T0. Las tres primeras se componen de un tramo inferior de cantos y grava, y un tramo superior arenoso. Su geometría y disposición cartográfica revela un progresivo desplazamiento del eje del valle hacia el este. La T0 constituye el cauce actual del río, encajado sobre la T1, a una cota de 1 a 5 m por debajo de su techo.

2) El análisis de 6 muestras de materia orgánica mediante el método del  $^{14}\text{C}$  han permitido datar como holocenas las tres terrazas más bajas: La parte superior de la T2 ofrece una edad de 6.285 años; la base y techo de la T1 ofrecen una edad respectivamente del orden de 5.000 y 300 años. La T0 tendría una edad inferior a 300 años. Se desconoce la edad de la T3.

3) La geometría y disposición de estas terrazas reflejan que durante su desarrollo ha habido un marcado control estructural. Creemos que se trataría del movimiento sinsedimentario de una falla N-S, paralela al eje del valle, con basculamiento y hundimiento de su bloque occidental

con respecto al oriental. La edad de las terrazas pone de manifiesto que esta neotectónica tuvo lugar principalmente durante el holoceno. Las diferentes terrazas pensamos que podrían corresponder a diferentes pulsaciones en el movimiento de esta falla.

## REFERENCIAS

- Bernet, O. (2000): Estudio hidrogeológico del acuífero del entorno de la balsa de residuos mineros de Aznalcóllar. Modelo numérico de flujo no lineal en medio poroso saturado. Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica de Cataluña: 1-94.
- CGS, (1998): Piezometría en el valle del río Guadamar y entorno de los acuíferos Almonte-Marismas y Aljarafe. Campaña del 23-26 de mayo de 1998. Informe inédito para la CHG: 1-6.
- IGME, (1972): Mapa Geológico de España, 1:200.000, hojas de Sevilla y Ayamonte-Huelva. Serv. Publ. Min. Industria y Energía.
- IGME, (1976): Mapa Geológico de España, 1:50.000, hoja de Sanlúcar La Mayor, núm 983. Serv. Publ. Min. Industria y Energía.
- IGME, (1977): Mapa Geológico de España, 1:50.000, hoja de Almonte, núm 1001. Serv. Publ. Min. Industria y Energía.
- Menanteau, L. (1980): Les Marismas du Guadalquivir, exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire recent. Tesis Doctoral, Université de Paris-Sorbone: 1-252.
- 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., Mediavilla, C., Jaén, M., Vázquez-Suñé, E. y Castro A., (2000): Litoestratigrafía y paleogeografía de los depósitos pliocuaternarios del margen NO de las marismas del Guadalquivir (Huelva-Sevilla). En este volumen.
- Viguié, C. (1977): Les grands traits de la tectonique du bassin néogène du Bas Guadalquivir. Bol. Geol. y Min., 88-1: 39-44.

