

Diferenciación textural y mineralógica de los niveles de Terrazas altos y bajos de la Cuenca del Río Guadalete

J. P. MORAL CARDONA, J. M. GUTIÉRREZ MAS,
A. SÁNCHEZ BELLÓN, F. LÓPEZ-AGUAYO Y M. A. CABALLERO,
*Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía,
Geodinámica y Petrología y Geoquímica,
Universidad de Cádiz, Aptdo. 40 (Fac. de Ciencias) 11510,
Puerto Real (Cádiz)*

RESUMEN

Se estudian diversos niveles de terrazas del actual curso del río Guadalete, con objeto de establecer criterios de diferenciación entre los depósitos, habiéndose encontrado variaciones mineralógicas y morfoscópicas entre los niveles bajos y altos. Aunque las asociaciones mineralógicas de las fracciones arcilla y pesada son similares en ambos niveles: (esmectita, illita y caolinita+clorita) y (granate, circón, epidota y andalucita), respectivamente, los niveles bajos están constituidos por arenas con un 60% de cuarzo y 21% de calcita, mientras que en los altos predomina la grava con cantos de caliza, arenisca cuarcífera, sílex y material ofítico, procedentes de la Cordillera Bética y cuya fracción arena es más cuarcífera (80% de cuarzo y 12% de calcita) que en los niveles bajos. Estas diferencias se interpretan como consecuencia de la presencia de diferentes materiales a lo largo del curso del río y de la evolución de la cuenca desde una fase tectónicamente activa a una más estable. El predominio de granos de cuarzo angulosos con texturas superficiales mecánicas (fracturas concoideas) en los niveles de terrazas bajos y de granos subredondeados con texturas superficiales de origen químico (disolución y depósitos de sílice) en los altos, pone de manifiesto el mayor grado de evolución de estos últimos y el inicio de una fase edáfica.

Palabras clave: Texturas superficiales, cuarzo, morfoscopía, terrazas, río Guadalete.

ABSTRACT

Various terrace levels of the present day course of the Guadalete river have been studied with the aim of finding differences between the deposits. Mineralogical and morphoscopic features of the quartz grains differences were found between the low and high terrace levels. Although the mineralogical associations of both clay and heavy mineral fractions are similar in the two levels: (smectite, illite and kaolinite+chlorite) and (garnet, zircón, epidote and andalusite) respectively. The lower levels are constituted by sands with 60% of quartz and 21% of calcite, while in the highest levels gravel dominates which is formed by pebbles of limestone, sandstone, chert and ophitic materials, from the Cordillera Bética, being the sandy fraction most quartzitic (80% of quartz and 12% of calcite). This is interpreted as a consequence of the presence of different materials along the river's course and also because the evolution of the basin from a tectonically active phase to more stable one. The predominance of angular quartz grains with mechanic superficial textures (conchoidal fractures) in the lower terrace levels and subrounded grains with superficial textures of chemical origin (disolution and deposits of silica) in the highest levels, show the biggest evolution grade of these and the beginning of an edafic phase.

Key words: Surface features, quartz, morphoscopy, terraces, Guadalete river.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la distribución y naturaleza de los diferentes niveles de terrazas en el actual curso del río Guadalete son relativamente escasos, y los diferentes autores que han estudiado esta cuenca discrepan sobre el número y ubicación de los mismos. Así, Mabesoone (1963), identifica tres niveles y más recientemente, Zazo y Goy (1988), en base a criterios fundamentalmente geomorfológicos, diferencian hasta siete niveles diferentes. La principal causa de tales discrepancias se debe a la existencia de una neotectónica relativamente compleja (Benkhelil, 1976), y a la escasez de estudios de detalle que permitan la diferenciación de los materiales de los diferentes depósitos.

En este trabajo se aborda el estudio de diversos niveles de terrazas ubicadas en el actual curso del río Guadalete, con objeto de aportar criterios de diferenciación entre los depósitos, mediante el análisis de los materiales que los constituyen desde un punto de vista granulométrico, mineralógico y textural, habiéndose utilizado diferentes técnicas, entre las que cabe destacar, entre otras, el estudio morfoscópico y exoscópico de granos de cuarzo (SEM) y ampliar los conocimientos sobre la configuración y evolución de esta cuenca.



Fig. 1.—Situación geográfica de la zona.
 Fig. 1.—Geographical map of the studied zone.

El río Guadalete discurre, desde su nacimiento en la Serranía de Grazalema hasta su desembocadura en el Puerto de Santa María, exclusivamente por la provincia de Cádiz, drenando dos regiones naturales, la Sierra Norte (Serranías de Ronda y Grazalema) y la Campiña, entre Arcos de la Frontera y Jerez, incluidas a su vez en dos entidades geográficas mayores, como son la Cordillera Bética y la Depresión del Guadalquivir respectivamente (Fig. 1), estando el trazado de su curso actual muy influenciado por la neotectónica de la zona, con tramos muy rectilíneos, a veces casi ortogonales, en correspondencia con las direcciones estructurales dominantes, originadas especialmente durante la fase compresiva fini-pliocena, que dió lugar a fracturas de dirección NE-SO (Benkhelil, 1976).

En el curso alto afloran materiales pertenecientes a los dominios de las Zonas Externas de La Cordillera Bética: Subbético Medio, Penibético y las Unidades del Campo de Gibraltar (Fig. 2). El Subbético Medio, es el que presenta mayor desarrollo y da lugar a los relieves más importantes de la Sierra de Grazalema, estando constituido por calizas, dolomías, margo-calizas y las margas yesíferas del Triásico en facies germano-andaluza (Hoppe, 1968), sobre las cuales discurre fundamentalmente el río. Los cursos medio y bajo discurren principalmente por la Campiña, aguas abajo de Arcos, constituida por materiales pertenecientes a la Depresión del Guadalquivir, como las «albarizas» o «moronitas» (margas blancas con diatomeas del Mioceno inferior y medio), calcarenitas y margas azules del Mioceno superior postorogénico y por

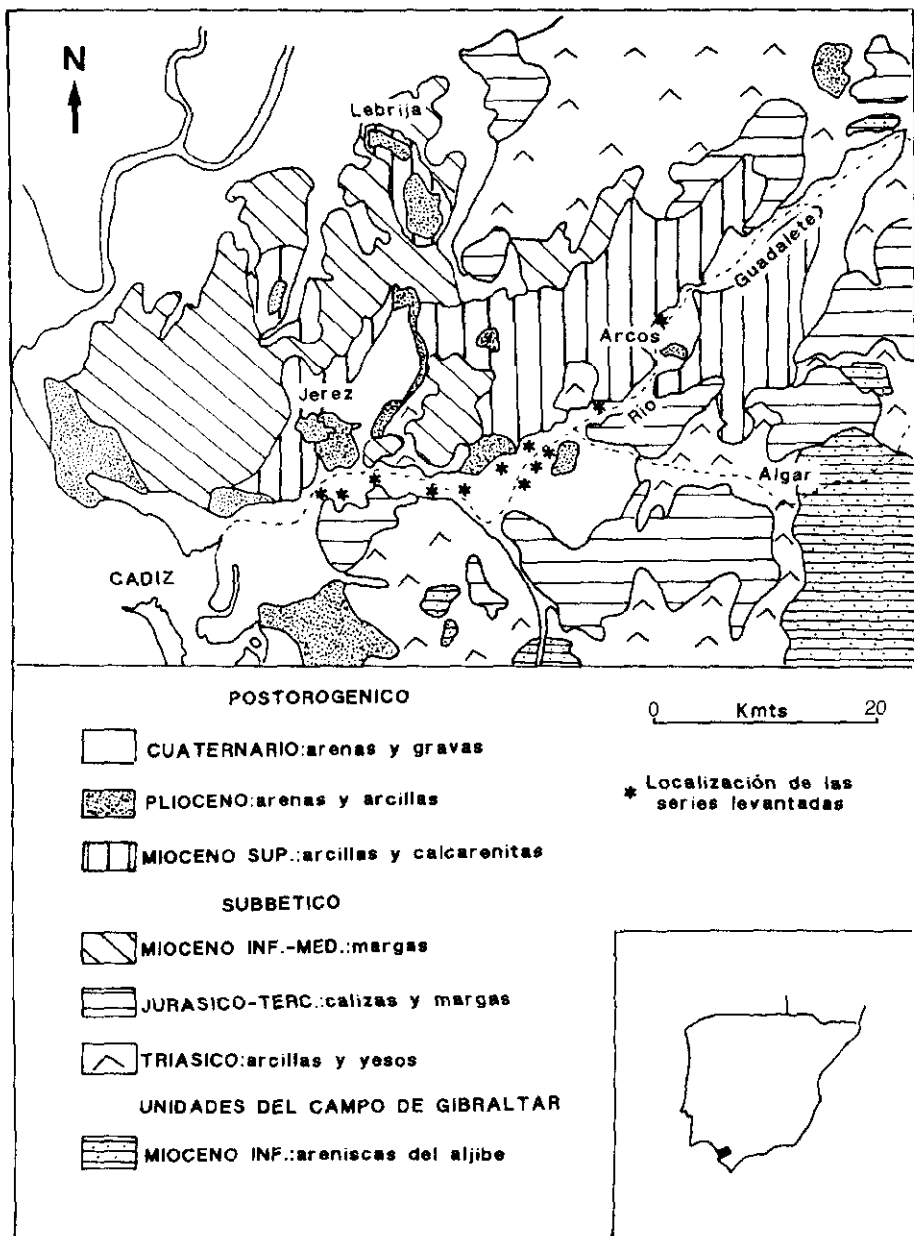


Fig. 2.—Mapa geológico de la zona.
 Fig. 2.—Geological map of the studied zone.

afloramientos arenosos de edad Plioceno a Cuaternario más o menos dispersos (Viguer, 1974; Mabesoone, 1963), entre los que se incluyen las terrazas del río Guadalete, que aparecen a ambos lados del actual curso (Fig.2).

Para el estudio se han seleccionado los niveles más claramente identificables, que son los definidos por Mabesoone (*op. cit.*): una terraza inferior (LT), que es la que se encuentra más próxima al actual cauce del río Guadalete, y unos niveles de terrazas más antiguos, equivalentes a los niveles medio (MT) y alto (HT) descritos por este mismo autor (Fig. 3).

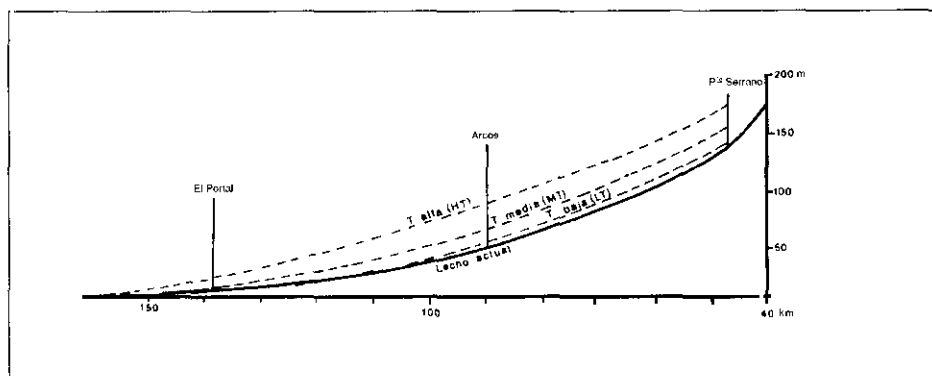


Fig. 3.—Perfil del lecho actual del río Guadalete y de sus terrazas. Según Mabesoone (1963).
Fig. 3.—Longitudinal profile of Guadalete river and their terrace levels (After Mabesoone 1963).

METODOLOGÍA

El trabajo de campo ha consistido fundamentalmente en el levantamiento de series y muestreo de los diferentes afloramientos en los niveles de terrazas estudiados, habiéndose extraído un total de 61 muestras en 12 perfiles estratigráficos, cuyas series más representativas se muestran en la Fig. 4.

Los métodos de laboratorio utilizados han consistido en la determinación mediante DRX de la fracción total y de arcilla, mientras que los minerales pesados se han estudiado con microscopio petrográfico, previa separación con líquidos densos. En el estudio óptico de la arena se utilizaron láminas delgadas, tiñéndose los feldespatos mediante el método de Hutchinson (1974).

El estudio morfoscóptico se ha realizado mediante la utilización del estereomicroscopio, utilizando una simplificación de la escala de Powers (1953) y el análisis exoscópico de los granos de cuarzo se ha efectuado utilizando un SEM Jeol modelo JSM 820.

Los cálculos estadísticos para la determinación de parámetros granulométricos se han realizado mediante la utilización del Programa BMDP, disponible en el Centro de Cálculo de la Universidad de Cádiz.

RESULTADOS

NIVELES DE TERRAZAS BAJAS

Estos depósitos yacen principalmente sobre las «moronitas» y sobre materiales del Mioceno sup. postorogénico. Los afloramientos presentan series con predominio de la fracción arena y secuencias grano-decrecientes con potencias entre 8 y 10m (Fig. 4). La secuencia tipo muestra dos términos que se superponen gradualmente:

Uno inferior, con una potencia media de 4m de granulometría más bien gruesa y base erosiva, que se inicia en el muro con un nivel de arena gruesa y grava, seguido de un nivel de arena gruesa y media con estratificación cruzada en surco. Hacia el techo aparece otro nivel de arena fina con laminación horizontal.

El término superior es de naturaleza lúftica y, en algunos puntos, puede alcanzar hasta 6m de potencia. Presenta en el muro limos y arcillas con laminación horizontal y hacia el techo predominan las arcillas con rizocreciones y otros restos vegetales.

Los estudios granulométricos revelan que estos sedimentos, en general, presenta una mejor selección que las terrazas altas, como indican los valores de la desviación de las muestras de esta terraza (Fig. 5), mientras que bajo el punto de vista mineralógico, están constituidos mayoritariamente por cuarzo, con unos contenidos medios del 60%, mientras que los feldespatos se encuentran en cantidades <5%.

Entre los minerales carbonatados destaca la calcita con contenidos del 21% y la dolomita entre el 5 y 10%. La asociación de minerales de la fracción arcilla obtenida es: esmectita, illita y caolinita+clorita, mientras que la fracción pesada muestra la asociación: granate, circón, epidota y andalucita (Fig. 6), en concordancia con los datos obtenidos por Mabesoone (1963) y Viguiet (1974).

El análisis morfoscópico indica el predominio de los granos angulosos de cuarzo (60%) sobre los redondeados y subredondeados (15% y 25% respectivamente) (Fig. 7) y los resultados del análisis exoscópico de los granos de cuarzo (SEM) muestra la existencia de texturas superficiales de origen mecánico entre las que dominan las fracturas concoideas (Fig. 8).

NIVELES DE TERRAZAS ALTAS

Estos depósitos yacen sobre una gran diversidad de materiales, entre los que destacan las margas triásicas, las «moronitas» y margas azules del Mioceno sup. Los depósitos presentan secuencias cuya potencia máxima es de 10 m,

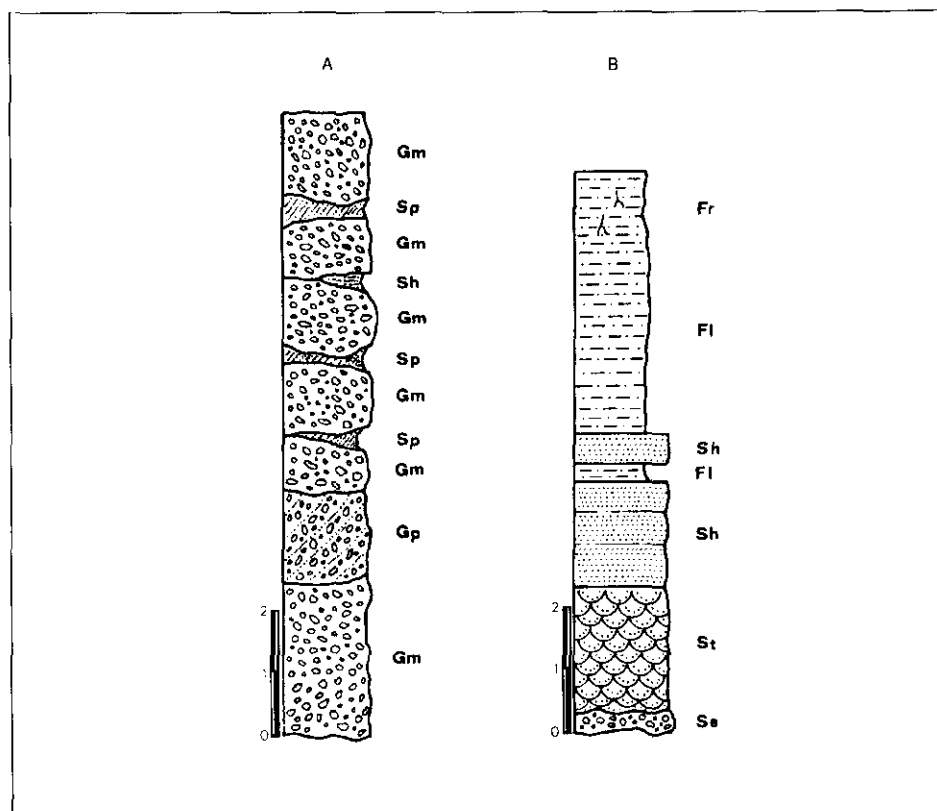


Fig. 4.—Series estratigráficas tipo de los diferentes niveles de terrazas del río Guadalete. A) Terrazas altas. B) Terraza baja. Gm: gravas masivas algo estratificadas con imbricación; Gp: gravas con estratificación cruzada planar; St: arenas medias a gruesas con estratificación cruzada en surco; Sh: arenas finas a gruesas con laminación horizontal; Se: nivel erosivo con cantos; Fl: limos y arcillas con laminación paralela; Fr: limos y arcillas con raíces. (Según Miall 1978)

Fig. 4.—Estratigraphic columns type of the different terrace levels of the Guadalete river. A) High terraces. B) Low terrace. Gm: massive and horizontal bedding gravels; Gp: planar cross-bedding gravels; St: medium a coarse sands showing cross-bedding; Sh: fine a coarse sands with horizontal bedding; Se: erosional cours with interclats; Fl: sand to mud, fine lamination; Fr: mud with roots. (After Miall 1978).

y en los que predomina la fracción grava, con cantos de caliza, arenisca cuar-cífera, sílex y material ofítico, procedentes de la erosión de los afloramientos de las unidades pertenecientes a las estribaciones más occidentales de la Cordillera Bética.

La secuencia tipo está constituida fundamentalmente por gravas masivas o poco estratificadas con estratificación horizontal y presencia de imbricacio-

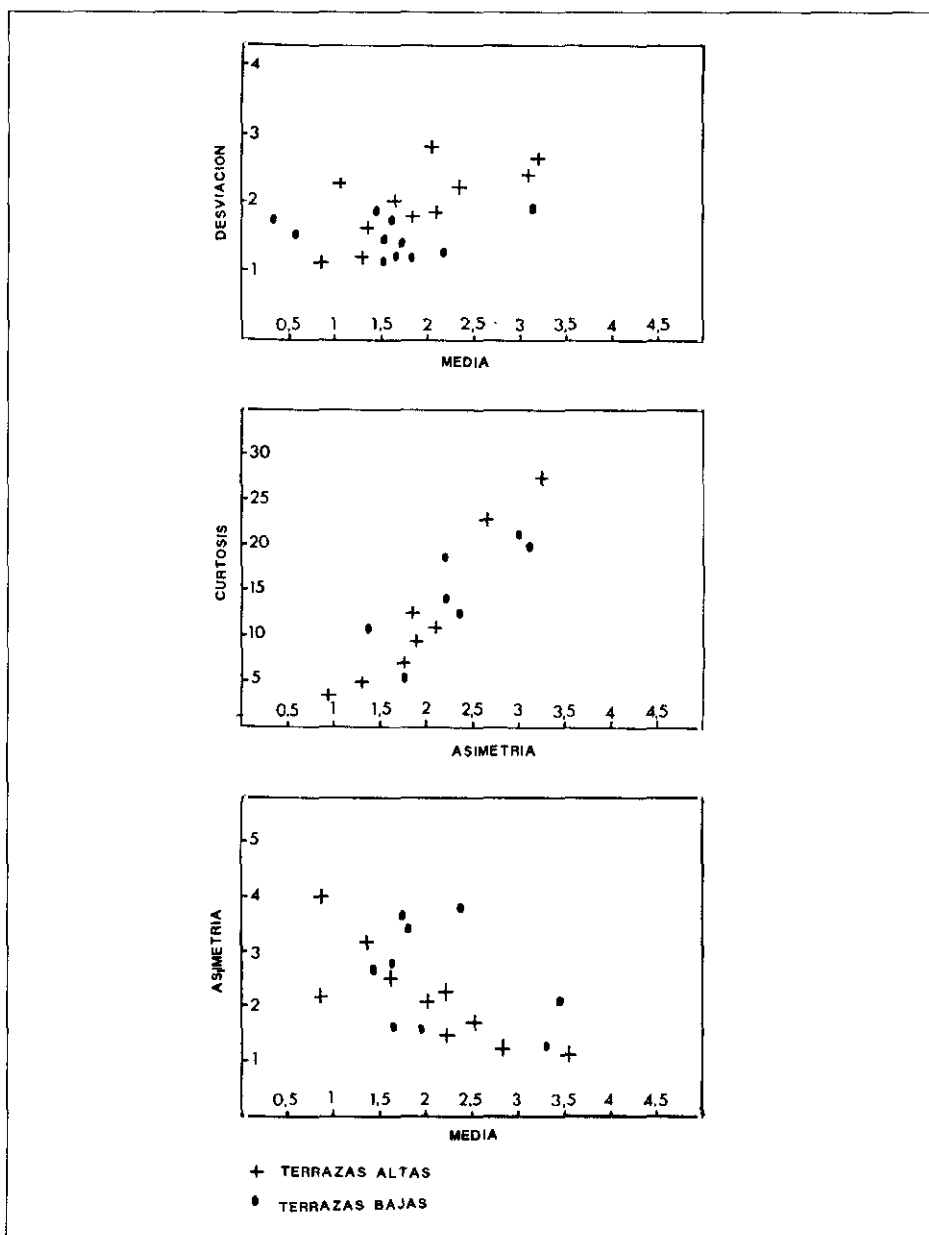


Fig. 5.—Diagramas bivalentes entre diferentes parámetros granulométricos de los sedimentos de los niveles de terrazas del río Gadalete.

Fig. 5.—Bivariate scattergrams of textural parameters of the sediments of de terrace levels of Guadalete River.

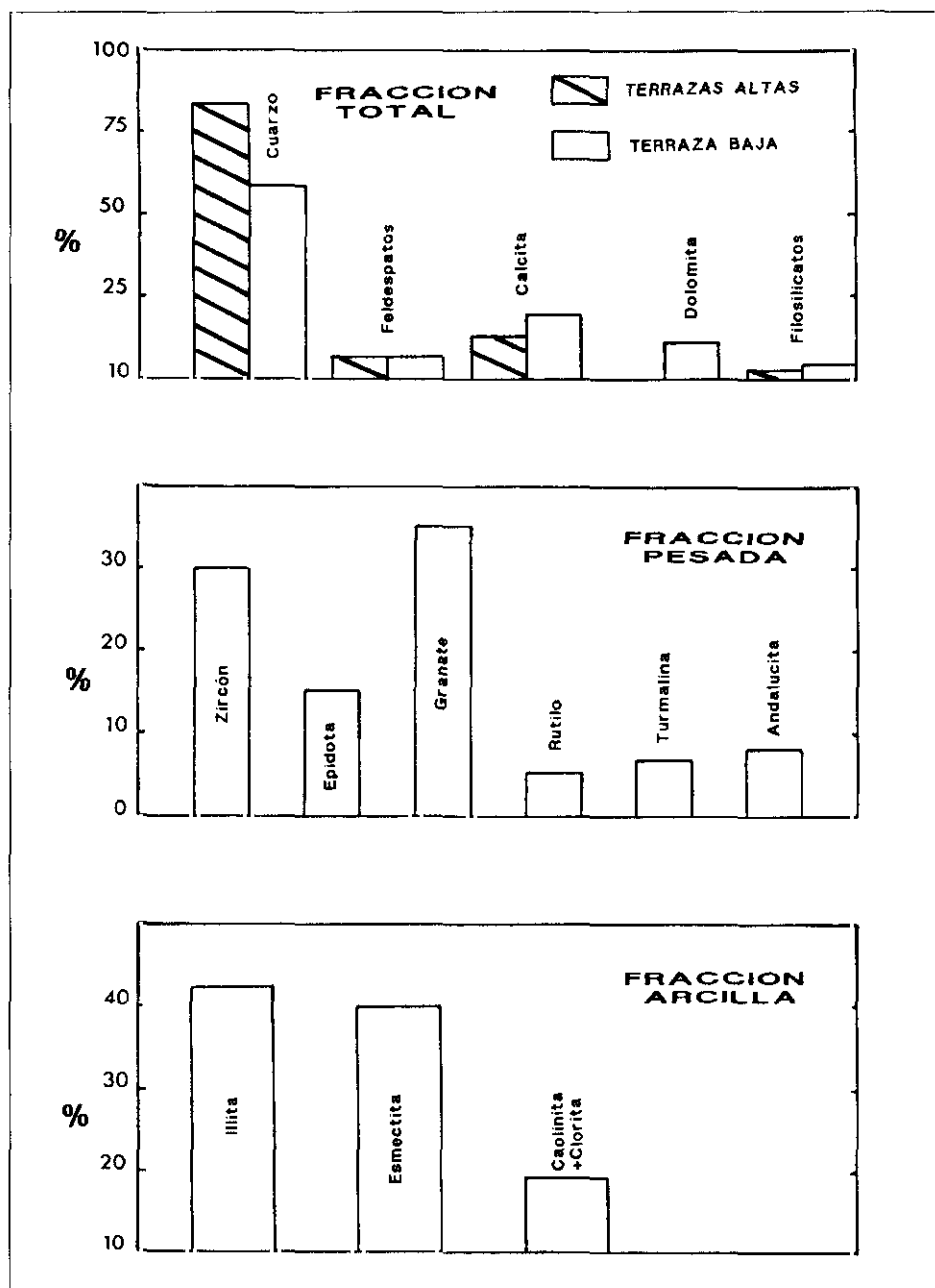


Fig. 6.—Mineralogía de los niveles de terrazas del río Guadalete.

Fig. 6.—Mineralogy of the terraces levels of Guadalete River.

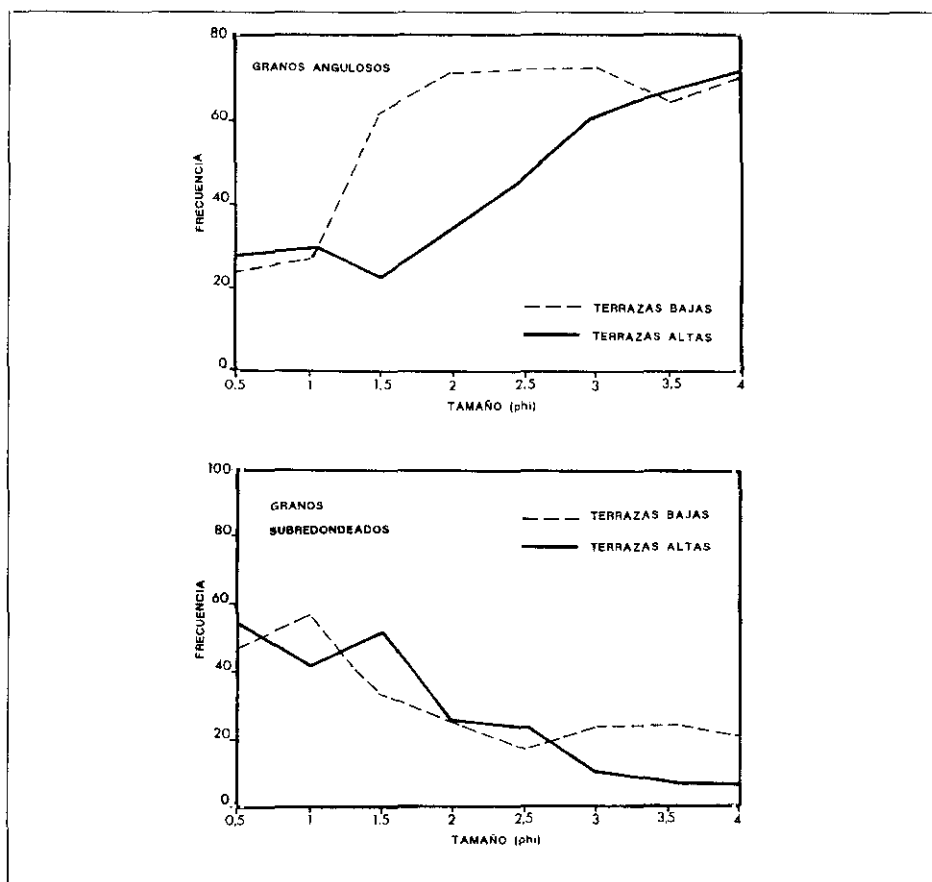


Fig. 7.—Variaciones morfológicas de los granos de cuarzo en función del tamaño de grano de los materiales de los niveles de terrazas altos y bajos del río Guadalete.

Fig. 7.—Morphological variations of the quartz grains according to the grain size of material of high and low terrace levels of Guadalete River.

nes, hacia el muro pueden aparecer intercalaciones de niveles de gravas con estratificación cruzada planar de unos 2 m de potencia. Con frecuencia la serie presenta niveles de arenas de grano medio a grueso y estratificación cruzada y laminación horizontal, de espesor inferior a 1 m y poca continuidad lateral (Fig. 4).

Los depósitos son de naturaleza más siliciclástica que los correspondientes a los niveles de terrazas bajas, ya que poseen más del 80% de cuarzo, mientras que el contenido en minerales carbonatados es inferior, con solo un 12% de calcita, estando ausente la dolomita. En cuanto a las asociaciones de

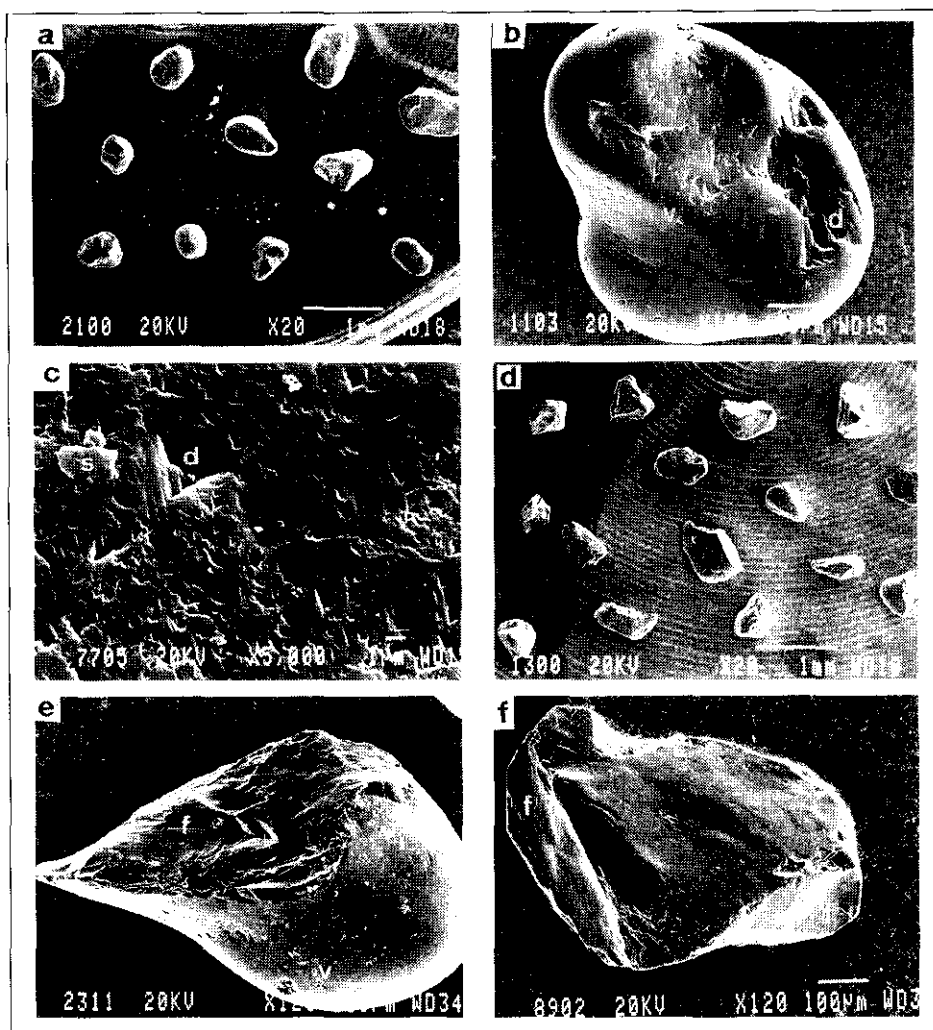


Fig. 8.—Microfotografías de granos de cuarzo (SEM). *Terrazas altas*: a) Granos redondeados y subredondeados. b) Grano de cuarzo con Vs mecánicas (v) y abundantes figuras de disolución (d). c) Detalle del grano anterior con depósitos silíceos (s) y figuras de disolución (d). *Terraza baja*: d) Granos angulosos. e) Grano de cuarzo con importante fractura concoidea (f). Se observa la superficie primitiva con algunas Vs mecánicas. f) Grano de cuarzo con numerosas fracturas concoideas (f), se observan restos de la superficie primitiva del grano con antiguas texturas.

Fig. 8.—Scanning electron micrographs of quartz grains from the Guadalete terraces levels. *High terraces*: a) Rounded and subrounded grains. b) Subrounded grain with mechanical Vs (v) and numerous oriented etch pits (d). c) Detail of the previous grain. Note silica deposits (s) and oriented etch pits (d). *Low terrace*: d) Angular grains. e) Quartz grain with large conchoidal fracture (f). Note the primitive surface with several mechanical Vs (v). f) Conchoidal fractures (f) resulting from grain fracturing. Note the primitive surface with old surface textures.

minerales pesados y de la arcilla, presentan las mismas que los niveles de terraza bajos (Fig. 6)

El análisis morfoscópico indica el predominio de granos subredondeados de cuarzo (Fig. 7) y texturas superficiales (SEM) de origen mecánico (fracturas concoideas) y químico (figuras de disolución geométricas y depósitos de sílice) (Fig.8).

DISCUSIÓN

El estudio comparativo indica que tanto los materiales de los niveles de terrazas bajos como altos estudiados presentan diferencias respecto a su contenido, siendo los niveles superiores de naturaleza mucho más cuarcífera (80%) que los inferiores (60%). Las variaciones en el contenido de minerales mayoritarios hay que justificarlas en la existencia a lo largo de cauce de aportes procedentes de los principales afluentes del río, que discurren por terrenos muy distintos geológicamente (Fig. 2).

No obstante, ambos niveles de terrazas, presentan las mismas asociaciones mineralógicas, tanto para la fracción arcilla como para la pesada (granate, circón, epidota y andalucita) y (esmectita, illita, caolinita + clorita) respectivamente. Estas asociaciones coinciden con las obtenidas por Mabesoone (1963), Viguier (1974) y Zazo (1980) en los materiales pliocenos y cuaternarios que afloran en esta cuenca, confirmándose, a escala general de toda la cuenca del Guadalete, la constancia de las fuentes de aportes iniciales. Probablemente, las áreas fuente de los sedimentos del Mioceno sup. postorogénico, que afloran en el curso medio y bajo, fuesen en gran parte, las mismas que las de los niveles de terraza ubicados en el curso alto.

A este respecto, el predominio de granos de cuarzo subredondeados en los niveles de terrazas altas y de granos angulosos en el nivel más bajo, ponen de manifiesto la presencia de afloramientos de materiales de litologías muy diferentes tales como, las areniscas del Aljibe (Unidades del Campo de Gibraltar) y las calcarenitas del Mioceno sup. postorogénico (Depresión del Guadalquivir). Las primeras están presentes, fundamentalmente, en el curso alto del río y proporcionan a las terrazas altas, más antiguas, granos de cuarzo subredondeados, muy retrabajados, en correspondencia con la litología propia de estos materiales descrita, entre otros autores, por Pendón (1978).

Por su parte, los depósitos de los niveles de terrazas bajas se alimentarían preferentemente de aportes procedentes de las calcarenitas miocenas donde predominan los granos de cuarzo anguloso.

Los análisis exoscópicos de granos de cuarzo (SEM), muestran la existencia de texturas superficiales de origen químico en los niveles altos, indicadores del inicio de una fase edafogénica (Le Ribault, 1975; Higgs, 1979; entre otros) y corroboran el mayor grado de evolución petrográfica y madurez de estos depósitos con respecto a los niveles de las terrazas bajas.

El análisis de las series presentes en los diferentes niveles de terrazas, permite deducir que corresponden a regímenes fluviales diferentes:

Las terrazas altas están constituidas predominantemente por materiales groseros con predominio de niveles de gravas e intercalaciones poco potentes de arena, con facies similares a las facies Gm, Gp, St y Sh de Miall (1977 y 1978), para ríos tipo braided, lo que indica un régimen de mayor energía, en correspondencia con la ubicación de estos depósitos en sectores altos del actual curso fluvial, desarrollado durante un periodo tectónicamente más activo, correspondiente probablemente a la «fase compresiva fini-pliocena» (Benkhelil, 1976), que dió lugar a fracturas de dirección NE-SO responsables de la formación de una zona deprimida origen de la actual cuenca del río Guadalete que se individualizó de la del Guadalquivir (Moral Cardona, 1994).

Los niveles de terrazas bajas están constituidos predominantemente por depósitos de arena y arcilla, cuyas secuencias encuadran con las citadas para ríos meandriformes por diferentes autores (Visher, 1965 y Allen, 1974, entre otros), y conformada por las facies Se, St, Sh, Fl y Fr de Miall, en correspondencia con una disminución de energía de la red fluvial y la existencia de una fase tectónica más estable, como es la que tiene lugar en esta zona a partir del inicio del Holoceno.

CONCLUSIONES

El estudio de los diversos niveles de terrazas del actual curso del río Guadalete, a partir del análisis mineralógico, morfoscópico y sedimentológico de los niveles bajos y altos, ha permitido establecer criterios de diferenciación entre los mismos:

1) Las asociaciones mineralógicas de las fracciones arcilla y pesada son similares en ambos niveles: (esmectita, illita y caolinita+clorita) y (granate, circon, epidota y andalucita), respectivamente, coincidentes con las obtenidas por otros autores en afloramientos pliocenos y cuaternarios de esta cuenca, confirmándose la constancia de las fuentes de aportes iniciales, ya que las áreas fuente de los sedimentos del Mioceno sup. postorogénico, presentes en el curso medio y bajo del río, fueron en gran parte las mismas que las de los niveles de terraza altos.

2) Los niveles bajos están constituidos por arenas con un 60% de cuarzo y 21% de calcita, mientras que en los altos predomina la grava con cantos de caliza, arenisca cuarcífera, sílex y material ofítico, procedentes de la Cordillera Bética, siendo la fracción arena mas cuarcífera, con un 80% de cuarzo y solo un 12% de calcita. Estos datos junto al análisis de las secuencias sedimentarias permiten deducir dos regímenes fluviales diferentes:

Los depósitos de los niveles de terraza altos, con predominio de gravas e

intercalaciones de arena, se corresponden con facies de sistemas tipo braided, propias de regímenes energéticos, desarrollados durante periodos tectónicamente activos, probablemente durante la fase compresiva fini-pliocena. Los depósitos de los niveles de terrazas bajas, constituidos predominantemente por arena y arcilla, con secuencias similares a la de ríos meandriformes, se desarrollan en un régimen de menor energía, en relación con la existencia de una fase tectónica más estable, como es la que se inicia a partir del Holoceno.

3) El predominio de granos de cuarzo angulosos con texturas superficiales mecánicas (fracturas concoideas) en los niveles de terrazas bajas y de granos subredondeados con texturas superficiales de origen químico (disolución y depósitos de sílice) en los altos, pone de manifiesto el mayor grado de evolución de estos últimos e inicio de una fase edáfica.

REFERENCIAS

- ALLEN, R. L. (1974): «Studies in fluvial sedimentation: Lateral variations in some fining upwards cyclothems from the Red Marls, Pembrokeshire», *Geol. J.* 9, 1-16.
- BENKHELLIL, J. (1976): «Étude neotectonique de la terminaison occidentale des Cor-dillères Bétiques. These 3ème cycle», Université de Nice, pp. 180.
- HIGGS, R. (1979): «Quartz-grain surface features of mesozoic-cenozoic sands from the Labrador and western Greenland continental margins», *Jour. Sedim. Petrol.*, 49, 599-610.
- HOPPE, P. (1968): «Stratigraphie und tektonik der Berge um Grazalema (S.W. Spanien)», *Geol. Jb.*, 86, 267-338.
- HUTCHINSON, C. (1974): «Laboratory handbook of petrographic techniques», *Wiley Interscience Publ.*, pp. 558.
- LE RIBAULT, L. (1975): «L'exoscopie, méthode et applications», *Notes et Mem. C. F. P.*, pp. 231.
- MABESOONE, J. M. (1963): «Observations on sedimentology and geomorphology of the Guadalete drainage area (Cádiz, Spain)», *Geologie en Mijnbouw*, 42, 309-328.
- MIALL, A. D. (1977): «A review of the braided-river depositional environment», *Earth-Sci. Rev.*, 13, 1-62.
- (1978): «Lithofacies and vertical profile models in braided river deposits: a summary», en *Fluvial sedimentology* (Ed. by A. D. Miall), *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 5, 597-604.
- MORAL CARDONA, J. P. (1994): «Estudio de las arenas de la cuenca del río Guadalete y zonas próximas», *Tesis Doctoral Universidad de Cádiz*, pp. 464.
- POWERS, M. C. (1953): «A new roundness scale for sedimentary particles», *Jour. Sed. Petrol.*, 23, 117-119.
- TORCAL, L. y TELLO, B. (1992): «Análisis de sedimentos con microscopio electrónico de barrido: exoscopía del cuarzo y sus aplicaciones a la Geomorfología», *Cuadernos Técnicos de la S. E. G.*, 4, 40 pp.
- VIGUIER, C. (1974): «Le Néogène de l'Andalousie Nord-occidentale (Espagne). Histoire géologique du bassin du bas Guadalquivir», *Thèse Université Bordeaux*, pp. 449.

- VISHER, G. J. (1965): «Use of vertical profile in the environmental reconstruction», *A. P. G. Bull.*, 49, 41-61.
- ZAZO, C. (1980): «El Cuaternario marino-continental y el límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz», *Tesis Doctoral Universidad Complutense Madrid*, pp. 610.
- y GOY, J. L. (1988): «Mapa Geológico de España, E. 1:50.000», MAGNA, Hoja núm. 1.048 (Jerez de la Frontera), *Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía*, Madrid, pp. 43.

Manuscrito recibido: 29 de junio 1995

Manuscrito aceptado: 8 febrero 1996