

SUELOS DE LAS TERRAZAS CUATERNARIAS DEL CURSO MEDIO DEL RÍO GUADALETE (ARCOS DE LA FRONTERA, CÁDIZ)

**N. BELLINFANTE CROCCI, M^a A. RUIZ CORDERO, A. JORDÁN
LÓPEZ, F. LIMÓN SUÁREZ & G. PANEQUE GUERRERO**

Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química
(Universidad de Sevilla). Profesor García González, s/n. 41071 Sevilla.

Resumen. El curso medio del río Guadalete, a su paso por Arcos de la Frontera (Cádiz) presenta un sistema de terrazas cuaternarias (Pleistoceno y Holoceno) que se corresponden con distintos niveles de encajamiento de la red fluvial. De modo genérico, es posible diferenciar hasta 4 niveles de terrazas más el actual. En el presente trabajo se aborda el estudio de los procesos edafogénicos que actúan sobre las terrazas más recientes asociadas al río Guadalete (3^a, 4^a y actual) y al Majaceite (4^a), que se une al primero aguas abajo del embalse de Arcos. El material original de los suelos que se forman sobre dichas terrazas está constituido principalmente por gravas y arenas, que reciben aportes carbonatados procedentes de las rocas calcáreas (margas y margocalizas) que las rodean. La principal consecuencia de estos aportes es la presencia de horizontes de diagnóstico cálcicos en el suelo. Los procesos de lavado se manifiestan tanto como acumulación de nódulos de CO₃Ca como de horizontes de acumulación de arcilla (Bt).

Palabras clave: Terraza fluvial, suelos mediterráneos, suelos castaños, kastanozems, fluvisoles.

Abstract. The middle course of Guadalete river, near Arcos de la Frontera (Cadiz) shows a system of quaternary terraces (Pleistocene and Holocene), which belong to different levels of the fluvial net. It is possible to see until 5 terrace levels including the actual one. In this paper, we study the pedogenetic processes acting in the more recent terraces linked to Guadalete river (3rd, 4th and actual) and Majaceite river (4th), that joins to the first after Arcos reservoir. The parent material of soils formed on such terraces is mainly constituted by graves and sand, which receive calcareous sediments from marls and limic marls all around. The first consequence of this is the occurrence of calcic diagnostic horizons in the soils. Lixiviation can be appreciated either the presence of CO₃Ca nodules or argic diagnostic horizons (Bt).

Keywords: Fluvial terrace, mediterranean soils, chestnut-coloured soils, kastanozems, fluvisols.

1. Introducción

Las distintas metodologías de evaluación de suelos convergen en considerar el paisaje como base de referencia, estando este constituido por la interacción de distintos factores medioambientales (Zonneveld, 1972; Gerrard, 1981). Por tanto, la evaluación de suelos debe integrar elementos edáficos, geomorfológicos y climáticos (Gil *et al.*, 1988). Siguiendo esa línea, en el presente trabajo se estudian los distintos factores edafogenéticos en suelos de terrazas fluviales del curso medio del río Guadalete (Arcos de la Frontera, Cádiz), su interacción y el desarrollo y evolución del suelo. Para ello se han considerado parámetros climáticos, geológicos y geomorfológicos.

La toma de muestras y la descripción de los perfiles se realizó en puntos situados al N de la provincia de Cádiz, en el curso medio-bajo del Río Guadalete, sobre las terrazas comprendidas entre los municipios de Villamartín, por la zona NE, Bornos, por el N, San José del Valle, por la zona S, y Arcos de la Frontera por el O. La disposición de estas terrazas sigue la orientación de un eje imaginario cuya dirección es de NE a SE (Figura 1).

En la cuenca del Río Guadalete se diferencian cuatro niveles de encajamiento de la red fluvial, que han dado lugar a las terrazas más antiguas (1ª, 2ª, 3ª, y 4ª), y a una terraza o vega aluvial de inundación del curso actual del río (terrazza actual). Las terrazas fluviales más antiguas datan del Pleistoceno (1ª, 2ª y 3ª), mientras que las más recientes corresponden al Holoceno (terrazza 4ª y la terraza actual).

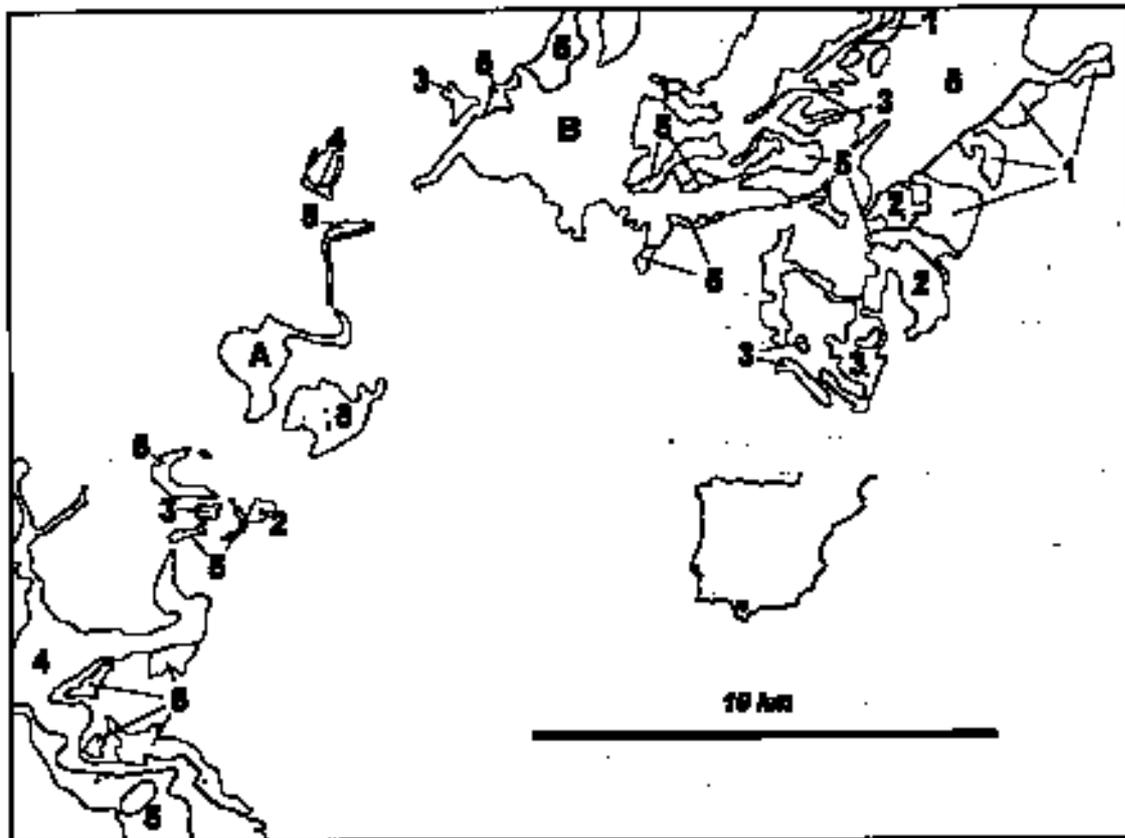


Figura 1. Localización del área de estudio. Leyenda: 1, 1ª terraza, con pendiente del 0 al 3%; 2, 1ª terraza, con pendiente del 3 al 8%; 3, 2ª terraza, con pendiente del 0 al 3%; 4, terraza actual, del 0 al 3%; 5, terraza 4ª, del 0 al 3%; A: Embalse de Arcos; B: Embalse de Bornos. Study area location. Legend: 1, 1st terrace, with slope 0-3%; 2, 1st terrace, slope 0-3%; 3, 2nd terrace, 0-3%; 4, recent terrace, 0-3%; 5 4th terrace, 0-3%; A: Arcos Reservoir; B: Bornos Reservoir.

Dentro de estas terrazas antiguas se distingue entre aquellas terrazas que están constituidas por facies de gravas, *areniscas* y *arenas rojas*, predominantemente silíceas (ITGE, 1990), generalizadas en el curso más bajo del Guadalete, y aquellas otras constituidas por gravas y arenas con niveles más altos de CO_3Ca del curso medio del mismo río (ITGE, 1990).

Dentro del material cuaternario representado en la hoja 1049 (ITGE, 1990) se aprecia la importancia de los *glacis*, *coluviones de ladera*, y *derrubios* de naturaleza caliza o bien procedentes de la alteración de caliza tosca. Geomorfológicamente, las terrazas constituyen una superficie plana de modelado fluvial, y un sistema estable. El rango de pendientes del terreno oscila entre el 0 y el 3%, lo que imposibilita la erosión por escorrentía superficial.

El entorno del área de estudio está constituido por distintos sistemas de *margas* y *margocalizas* del Cretácico Inferior (Albiense), *margas blancas* del Terciario (Burdigaliense) y *margas grises* del Terciario (Tortonense) (ITGE, 1990). El paisaje que rodea las terrazas está modelado por procesos erosivos denudativos, y está constituido por lomas y colinas estabilizadas con pendientes suaves (de un 3-8 %) o moderadamente inclinadas (8-21 %). Los suelos de esta zona presentan signos de erosión superficial laminar y en regueros moderados y profundos, de modo que se desarrollan fácilmente extensas cárcavas. Parte del material que se pierde de esta forma se deposita sobre las terrazas colindantes. Además, en el entorno de Bornos y Arcos se pueden observar *margas verdes* y *grises* del Mioceno (Terciario), donde predominan los procesos denudativos típicos de terrenos margosos colinados, y *calizas arenosas bioclásticas* del Mioceno Superior, en cuya morfogénesis tienen tanta importancia los rasgos estructurales como denudativos, con cerros estables que han originado depósitos de *glacis silíceos rojos* en contacto con las terrazas más antiguas.

Se recogieron los datos climáticos registrados en la estación meteorológica del embalse de Guadalcaçín desde su fundación (de la Rosa *et al.*, 1996). El clima de la zona (Figura 2) es mediterráneo, con inviernos suaves y relativamente húmedos gracias a los vientos atlánticos, así como veranos secos y fuertemente calurosos; las temperaturas medias oscilan entre 11 y 15 °C en invierno y entre 15 y 26 °C en verano. La oscilación anual de la temperatura no es muy acusada, siendo el período vegetativo igual a 12 (12 meses

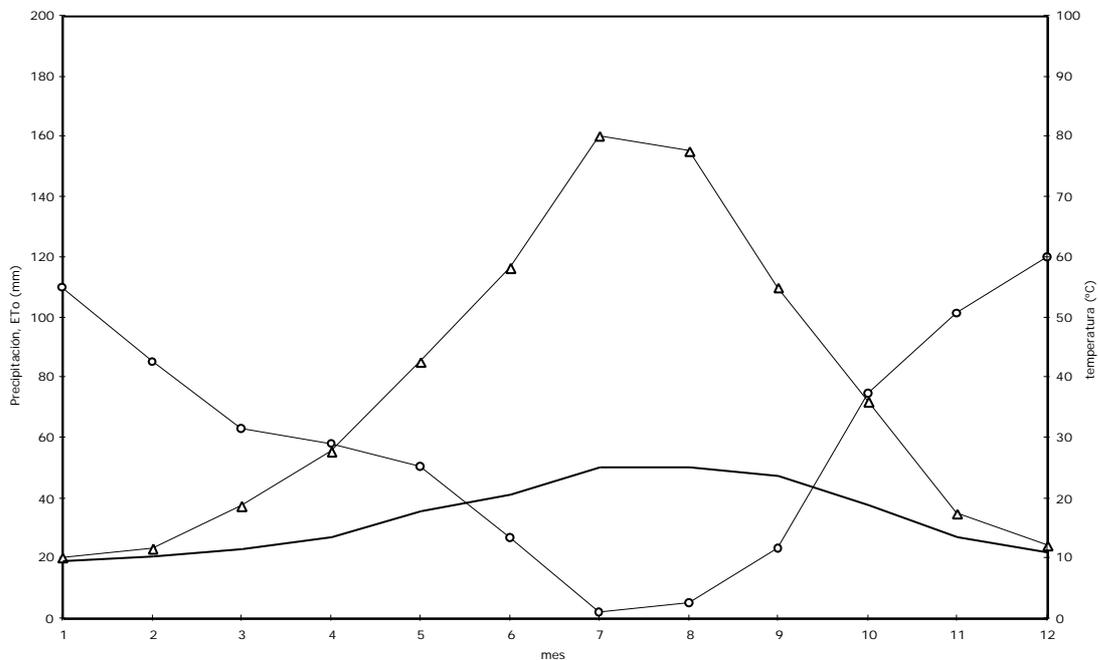


Figura 2. Diagrama climático elaborado a partir de los datos recogidos desde 1961 en la estación meteorológica del Embalse de Guadalcaçín. Se muestra la temperatura media mensual (—), la precipitación (○) y la evapotranspiración potencial (△). *Climatic diagram obtained from data recorded in Guadalcaçín Reservoir Station since 1961. Average month temperature (—), precipitation (○) and potential evapotranspiration (△).*

al año con temperatura media superior a 5 °C; CEC, 1992). La precipitación media mensual oscila entre 26 y 120 mm en invierno, aunque en los meses de verano disminuye hasta 2 y 7 mm en julio y agosto. El déficit hídrico —diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, calculada por el método de Thornthwaite (1948)— es máximo en los meses de julio y agosto. Por otra parte, la recarga presenta dos máximos, en enero (88.3 mm) y diciembre (99.4 mm).

2. Material y métodos

La prospección edáfica efectuada para la realización del estudio se ha realizado siguiendo la base de la cartografía geológica y muestreando en cada nivel de terraza, de la cuenca del Río Guadalete. En cada punto de muestreo se realizó la descripción del perfil y la toma de muestras de cada horizonte. Se estudió un total de 33 perfiles. Fueron seleccionados aquellos perfiles representativos de cada terraza, eligiendo 9 como los perfiles-tipo más representativos. Para la descripción, nomenclatura y clasificación de los suelos se siguieron los criterios establecidos en la WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 1994) y en la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos de la FAO (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988).

Para proceder a su análisis, las muestras de suelo se homogeneizaron y se tamizaron por una malla de 2 mm de diámetro para separar la fracción de tierra fina de la grava. Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones analíticas según los métodos oficiales de análisis de suelos: pH en H₂O y CIK (Gutián et al., 1976), contenido en carbonatos (Porta, 1986), carbono y materia orgánica (método Walkley; Primo y Carrasco, 1973), nitrógeno (método Kjeldahl; Gutián y Carballas, 1976), relación C/N, fósforo (Porta, 1986), capacidad de intercambio catiónico (método de Bower; Chapman y Pratt, 1973) y conductividad eléctrica (método del extracto acuoso, suelo/agua 1:1; Gutián y Carballas, 1976) como parámetros físico-químicos principales. Así mismo, se determinó la proporción de grava y, por un detallado análisis granulométrico se obtuvieron las fracciones de arenas y limos. Para determinar la cantidad de arcillas se utilizó el método de Bouyoucos (MAPA, 1982). El color del suelo se determinó utilizando el sistema Munsell (1954).

3. Resultados y conclusiones

La Tabla 1 resume los datos geomorfológicos más destacados en relación a los suelos que se estudian. No se han recogido suelos de las terrazas más antiguas (terrazas 1^a y 2^a) por ocupar tan solo zonas residuales y ser suelos fuertemente perturbados por aportes de terrenos circundantes.

Los suelos estudiados presentan lavado de carbonatos con la profundidad, proceso que se ve favorecido por la pluviosidad estacional de la zona; este carbonato precipita como caliza secundaria en profundidad, dando lugar a un horizonte de acumulación de nódulos de carbonato cálcico, que puede estar situado tanto en el horizonte de alteración (Bw) como en el horizonte C. Junto al lavado de la caliza primaria, se favorece la iluviación de arcillas y la formación de horizontes árgicos (Bt). La elevada proporción de arcillas del material litológico favorece la formación de horizontes texturales y la elevada retención de agua.

En general los suelos descritos presentan pH básico (con valores comprendidos entre 7.0 y 7.6), alto contenido en carbonatos (15-40%) excepto en el perfil 6 (*Luvisol Ferrico*), y alta saturación en calcio del complejo de cambio. En cuanto a la textura, oscilan entre francos y arcillosos (ver tablas 2, 3, 4 y 5). Tanto los *Vertisoles* (perfil 2, Tabla 2) como los *Regosoles* (perfil 3; Tabla 3) contienen una alta proporción de arcilla. Cuando el lavado de arcilla es lo suficientemente intenso se origina un horizonte Bt. Esto sucede en los perfiles 4 y 5, *Kastanozems* (Tabla 3), con un 40-50% de arcilla y 6 y 7 (*Luvisoles*; ver Tabla 4) con un 25-30 %.

El valor de fósforo es elevado en los horizontes agrícolas (Ap), aunque desciende con la profundidad. En el perfil 3, el contenido de fósforo supera los límites permitidos por la W.R.B. (I.S.S.S.-I.S.R.I.C.-F.A.O., 1994) para constituir un horizonte de diagnóstico A móllico u ócrico; este elevado valor se explica por un intenso abonado del suelo. El contenido medio de carbono en los horizontes Ap oscila entre 7.0-

Tabla 1. Descripción del entorno geográfico y geomorfológico de los perfiles estudiados. *Description of the geographic and geomorphologic environment of studied profiles.*

PERFIL	CLASIFICACIÓN	GEOLOGÍA	ALTITUD (m)	CARACTERÍSTICAS	ENTORNO GEOLÓGICO	LOCALIZACIÓN
1	CALCISOL HÁPLICO	TERRAZA 3ª (PLEISTOCENO)	60	Horizonte A. ócrico Horizonte calcíco	Margas verdes y grises del Mioceno Superior con glacia silíceos rojos del Holoceno	Al N del embalse de Arcos
2	VERTISOL CALCICO	TERRAZA 3ª (PLEISTOCENO)	80	Grietas de retracción Horizonte calcíco	Calizas arenosas bioclásticas del Mioceno Superior, y glacia	Al W del embalse del Guadalcaacín
3	REGOSOL CALCÁREO	TERRAZA 4ª (HOLOCENO)	60	Horizonte A. ócrico Material no consolidado	Margas blancas del Mioceno con coluviones	Al W del embalse del Guadalcaacín
4	KASTANOZEM HÁPLICO	TERRAZA 4ª (HOLOCENO)	150	Horizonte A móllico Horizonte calcíco	Calizas, dolomías y margas del Jurásico; calizas margocalizas y margas del Cretácico con conos de deyección	Al E del embalse de Bornos
5	KASTANOZEM LÚVICO	TERRAZA 4ª (HOLOCENO)	160	Horizonte A móllico Horizonte argílico y calcárico	Margas verdes y grises arenas y arcillas del Mioceno Superior	Al E del embalse de Bornos
6	LUVISOL VÉRTICO	TERRAZA 4ª (HOLOCENO)	60	Horizonte argílico Características vérticas	Biocalcarentas del Mioceno Superior y glacia	Al W del embalse del Guadalcaacín
7	LUVISOL FÉRRICO	TERRAZA 4ª (HOLOCENO)	60	Horizonte argílico Nódulos de hierro	Margas blancas del Mioceno Superior y glacia	Al S del embalse de Arcos
8	FLUVISOL CALCÁRICO	TERRAZA ACTUAL (HOLOCENO)	40	Horizonte A. ócrico Horizonte calcíco	Biocalcarentas del Mioceno Superior y glacia	Al S del embalse de Arcos
9	FLUVISOL CALCÁRICO	TERRAZA ACTUAL (HOLOCENO)	40	Horizonte A. ócrico Horizonte calcíco	Margas blancas del Mioceno Superior	Al S del embalse de Arcos

Tabla 5. Caracterización físico-química de los perfiles-tipo de los suelos encontrados en la terraza actual del río Guadalete: Fluvisoles Calcáreos (perfiles 8 y 9). *Physico-chemical characterization of the main profiles found in the recent terrace of Guadalete river (profiles 8 and 9).*

PERFIL	HORIZ.	PROF. (cm)	COLOR		pH		CO ₃ (g/Kg)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (mEq/Kg)					C (g/Kg)	M.O. (g/Kg)	
			SECO	HÚMEDO	H ₂ O	CIK		Ca	Mg	Na	K	T			S%
8	Ap	0-25	10 YR 6/3	10 YR 5/3	7.9	7.2	192.31	26.81	6.55	1.94	2.10	37.42	100.0	0.45	0.78
			10 YR 6/3	10 YR 4/3	7.5	7.1	288.46	77.60	14.31	1.84	4.68	98.45	100.0	3.14	5.40
			CANTOS RODADOS												
9	C	0-15	10 YR 6/3	10 YR 4/3	7.4	7.2	246.15	90.77	28.00	2.46	5.63	126.88	100.0	5.83	10.02
		15-100	10 YR 5/3	10 YR 4/2	7.6	7.3	250.00	99.64	24.25	2.84	8.58	135.32	100.0	5.83	10.02

PERFIL	HORIZ.	P (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO(g/kg)							GRAVA (g/Kg)	C.E. (mS)	
					2-1 mm	1-0.5 mm	0.5-0.25mm	0.25-0.1 mm	0.1-0.05 mm	0.05-0.02 mm	0.02-0.002 mm			< 0.002 mm
8	Ap	0.0102	0.33	1.33	5.2	29.2	126.9	416.5	213.9	90.9	117.4	0.0	34.2	0.15
		0.0208	0.67	4.65	13.4	47.0	201.5	317.0	140.9	70.0	35.2	175.0	61.6	0.14
		2 C												
9	C	0.0163	0.92	6.29	0.8	3.4	37.9	233.1	210.0	164.7	38.3	291.8	0.0	0.29
		0.0123	1.07	5.41	0.1	6.0	40.1	225.4	190.2	206.4	89.0	242.8	0.0	0.25

12.8 g/Kg y el de nitrógeno es 1.5 g/Kg. Por lo tanto, las relaciones C/N se mantienen en un entorno cercano a 8. La mayoría de los suelos presentan un horizonte Ap en superficie originado por las labores agrícolas, de color homogéneo (tanto en seco como en húmedo) de pardo a pardo oscuro, siendo únicamente los Luvisoles férricos los que presentan un color pardo más rojizo.

La terraza tercera se caracteriza por la existencia de suelos eminentemente calizos de perfil poco diferenciado (*Calcisoles háplicos*); en zonas favorecidas por la toposecuencia y las condiciones de sedimentación, aumenta el contenido en arcillas expansibles, dando lugar a la aparición de *Vertisoles*, con cantidades elevadas de carbonato cálcico. El suelo más representativo de esta terraza es el *Vertisol cálcico*.

La terraza cuarta es la de mayor representación en esta cuenca. Es posible reconocer en ella suelos en diferentes estadios de evolución: *Regosoles*, *Kastanozems* y *Luvisoles*. La Figura 3 presenta un esquema ideal de la posible evolución de los suelos sobre esta terraza. El esquema de los perfiles-tipo y algunas características importantes se muestran en la Figura 4. Los *Regosoles calcáreos* están formados sobre materiales no consolidados; son suelos poco desarrollados de perfil muy homogéneo. Estos suelos se sitúan generalmente en el contacto con la terraza 3ª, y se caracterizan por recibir constantemente aportes agradacionales de ésta; por esta misma causa no se observan en ellos rasgos de lavado de carbonatos. Las condiciones de formación de los *Kastanozems* han sido estudiadas en la zona en trabajos previos (Bellinfante *et al.*, 1997). En la Península Ibérica, áreas geomorfológicamente protegidas o no susceptibles de erosión pueden reunir condiciones apropiadas para el desarrollo de suelos con propiedades muy semejantes a las de los suelos castaños rusos (Ibarra, 1993; Rubio *et al.*, 1995) Estos suelos presentan un horizonte A móllico muy oscuro en superficie, con espesores menores de 50 cm y carentes de características vérticas. La acumulación de materia orgánica puede deberse más a la explotación agrícola que a la actividad natural del pastizal (Savin y Chendev, 1994) En todos ellos existe un lavado del carbonato cálcico que se acumula a distintas profundidades como caliza secundaria. Los *Kastanozems háplicos* tienen desarrollado un horizonte de alteración Bw, que a veces coincide con la zona de acumulación de nódulos de carbonatos; en otros casos el lavado de carbonato es algo más intenso, apareciendo los nódulos en un horizonte Cck. Los *Kastanozems lúvicos* presentan mayor grado de desarrollo, mostrando horizontes de iluviación de arcillas, Bt, completamente descarboxatados, a los que sucede otro que tiene acumulación de caliza secundaria Btck. La mayor parte del carbonato lavado se acumula en el horizonte Cck. Cuando las con-

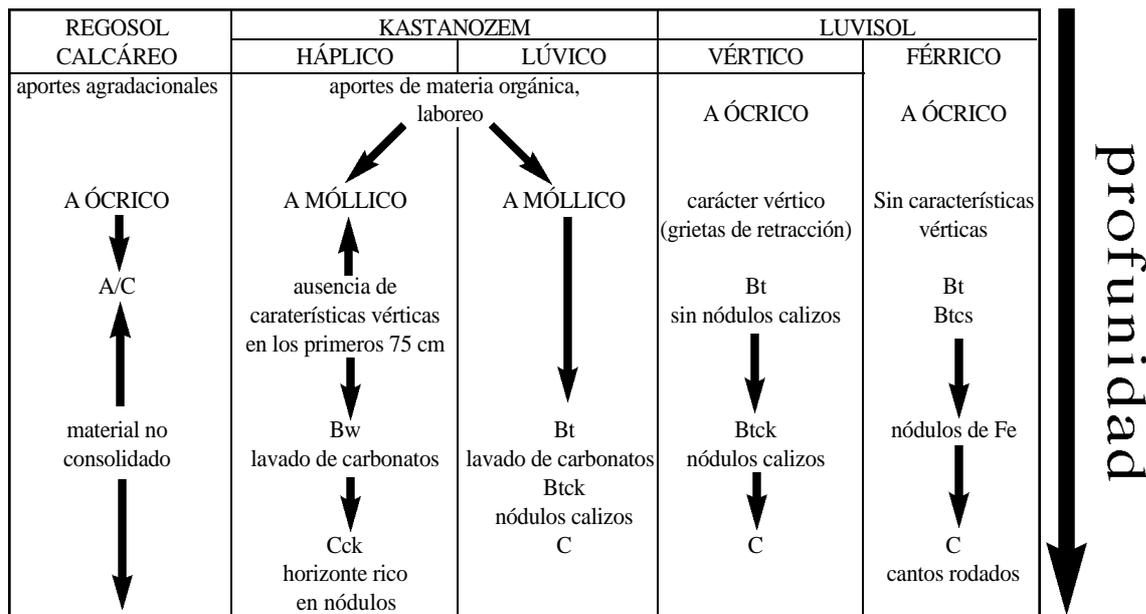


Figura 3. Esquema de la evolución de los suelos de la 4ª terraza del Guadalete. *Evolution of soils in the 4th of Guadalete river.*

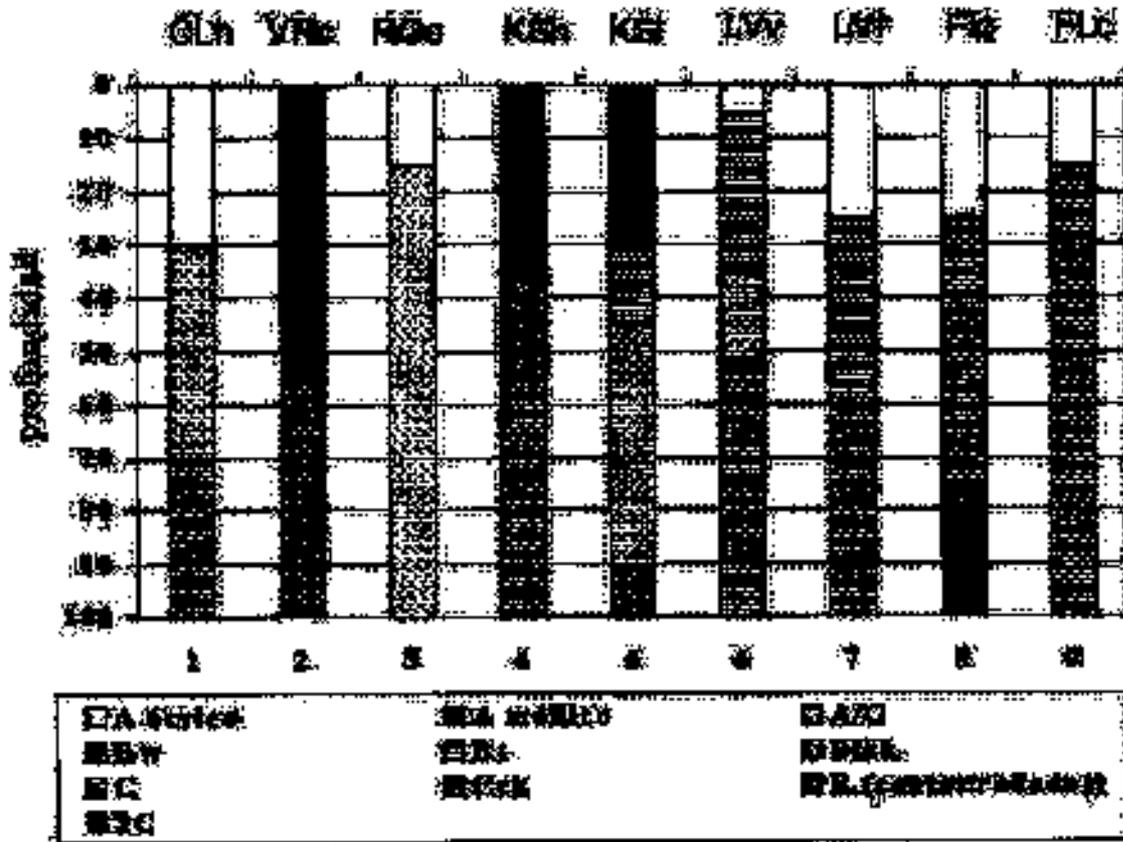


Figura 4. Esquema de los perfiles de los suelos observados en las terrazas 3ª, 4ª y actual del río Guadalete. CLh: Calcisol Háplico; VRc: Vertisol Cálceo; RGc: Regosol Cálceo; KSh: Kastanozem Háplico; KSl: Kastanozem Lúvico; LVv: Luvisol Vértico; LVf: Luvisol Férrico; FLc: Fluvisol Calcáreo. *Soil profiles observed in 3rd, 4th and recent terraces of Guadalete river. CLh: Haplic Calcisol; VRc: Calcic Vertisol; RGc: Calcareous Regosol; KSh: Haplic Kastanozem; KSl: Luvic Kastanozem; LVv: Vertic Luvisol; LVf: Ferric Luvisol; FLc: Calcaric Fluvisol.*

diciones de formación y conservación de la materia orgánica no permiten el desarrollo de horizontes A móllicos, y probablemente, cuando los suelos han soportado condiciones de lavado muy intensas, se forman los Luvisoles. Estos presentan horizontes A ócricos, horizontes de acumulación de arcillas (Bt, con contenidos en arcilla alrededor del 30%) y lavado de carbonatos con acumulación de caliza secundaria en los horizontes más profundos. El *Luvisol vértico* es una de las variedades representadas con arcillas expansibles, formación de grietas de retracción y estructura prismática. Estas características vérticas están relacionadas con un último estado de la evolución de estos suelos en condiciones de drenaje deficiente. El *Luvisol férrico* es otro suelo representado en esta terraza, cuya génesis parece relacionada con la existencia de niveles de cantos rodados. En estas condiciones los suelos carecen de carbonato cálcico, lavado y eliminado en las condiciones de formación del *Luvisol*, proceso facilitado por la existencia de esos cantos. Las condiciones de lavado combinadas con las de aridez mediterránea, son ideales para la alteración y movilización del hierro, lo que explica la presencia de horizontes con acumulación de nódulos ferruginosos, Btcs.

Por último, sobre la terraza o vega actual, se desarrollan suelos completamente influenciados por la dinámica actual de los ríos (ver Tabla 5). Los constantes y variados aportes, así como las circunstancias climáticas de formación del suelo condicionan el desarrollo de los **Fluvisoles**, en los que salvo en una capa superficial, no se observan horizontes de diagnóstico ni diferenciación físico-química del material.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, patrocinadora del proyecto en que se encuadra este trabajo. Teresa García-Muñoz, M^a José Taguas-Casaño, J. Antonio Fernández (Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla) y Christine Kowallik realizaron los análisis químicos necesarios.

Referencias bibliográficas

- Bellinfante, N., Jordán, A., Limón, F. & Gómez, I. A.** (1997): Kastanozems de Arcos de la Frontera. *Edafología*, 3-2: 227-234.
- CEC** (1992): *CORINE soil erosion risks and important land resources*. Commission of the European Communities. Bruselas.
- Chapman, H. D. & Pratt, P. F.** (1973): *Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas*. Ed. Trillas. México.
- De la Rosa, D., Mayol, F., Moreno, J. A. & Rosales, A.** (1996): *CDBm, Base de Datos Climáticos Mensuales*. 3.5''. C.S.I.C., I.R.N.A.S.. Sevilla.
- FAO-UNESCO-ISRIC** (1988): *Soil Map of the World*. Revised Legend. Ed. FAO. Roma.
- Gerrard, A. J.** (1979): La utilización de índices de productividad para pronosticar la aptitud relativa de los suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología* 38: 1723-1726.
- Gil, J., Corral, L. & Paneque, G.** (1988): Relaciones Geomorfología-suelos-capacidad de uso en el valle medio del Guadalquivir, Andalucía, España. *Agricultura Mediterránea* 118: 333-343.
- Gutián-Ojea, F. & Carballas, T.** (1976): *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- Ibarra, P.** (1993): *Naturaleza y hombre en el sur del Campo de Gibraltar: un análisis paisajístico integrado*. Ed. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Sevilla.
- Instituto Tecnológico Geominero de España** (1990): *Mapa Geológico de España* (escala 1:50000). Madrid.
- ISSS-ISRIC-FAO** (1994): *World Reference Base for Soil Resources*. Ed. O.C. Spaargaren. Wageningen/Roma.
- MAPA** (1982): *Métodos Oficiales de Análisis. Suelos y Aguas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Munsell Soil Co. Inc.** (1954): *Munsell Soil Color Charts*. Mary Land. E.E. U.U.
- Porta Casanellas, J.** (1986): *Técnicas y experimentos en edafología*. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Cataluña.
- Primo Yúfera, E. & Carrasco Donier, J. M.** (1973): *Química Agrícola (1). Suelos y fertilizantes*. Ed. Alhambra.
- Rubio, J. L. et al.** (1995): *Mapa de suelos de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentación; Servei d'Estudis Agraris i Comunitaris.
- Savin, I. Y. & Chendev, Y. G.** (1994): Temporal dynamics of humus content in arable forest steppe soils. *Eurasian Soil Science* 10: 43-49.
- Thorntwaite, C. W.** (1948): An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review*, 38.
- Zoneveld, I. S.** (1972): *Land evaluation and landscape science*. ITC Textbook of Photointerpretation, 7 (4).