

ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS CALIZOS EN ZONAS SEMIÁRIDAS: UN EJEMPLO EN LA SIERRA DEL ALGAIDÓN (MURCIA)

*M.L. Tudela**; *J. Martínez**; *F. Navarro*** & *L.J. Alías**

Universidad de Murcia

RESUMEN

Se establece una correspondencia entre propiedades de suelos calizos (Leptosoles, Kastanosems, Calcisoles, Regosoles y Fluvisoles (F.A.O., 1988) y las diferentes posiciones topográficas en que se encuentran. Mediante la aplicación estadística de un análisis factorial a los resultados obtenidos se trata de establecer un índice de degradación, deduciendo un factor fertilidad que será tanto mayor cuanto menos degradado se encuentre el suelo. Se observa que la disminución del contenido en materia orgánica, debido a la roturación que conlleva la puesta en cultivo y la consiguiente disminución de aportes vegetales, da como resultado la degradación de la estructura del suelo, pérdida de productividad y consiguiente desertificación progresiva.

Palabras clave: Degradación, Leptosol, Kastanosem, Calcisol, Fluvisol, Regosol, Factorial.

ABSTRACT

A relationship between the properties of calcareous soils (Leptosols, Kastanosems, Calcisols, Fluvisols, Regosols) and their different topographical positions is established. The treatment of experimental data by means of factorial analysis statistical techniques allows to develop factors or indexes for the estimation of the soil degradation to be obtained. The fertility factor (factor 1) increases when the soil degradation decreases. The fall in the organic matter content, due to repetitive ploughing and the subsequent decrease in vegetal residue content, produces the degradation of the soil structure, a fall in productivity and, consequently, an increasing desertification.

Key words: Degradation, Leptosol, Kastanosem, Calcisol, Fluvisol, Regosol, Factorial.

Fecha de Recepción: 15 de abril de 1998.

* Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Química. Universidad de Murcia.

** Departamento de Geografía Física. Humana y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Apartado 4.021. 30080 Murcia (España).

1. INTRODUCCIÓN

Atendiendo a su formación, el suelo se considera un recurso no renovable que cuando rompe su equilibrio, principalmente por la acción del hombre, modifica su evolución natural, desarrollándose una **serie** de procesos que bien por acción directa (regresión), o por acción indirecta (degradación) (DUCHAUFOR, 1970) tienden a la disminución de su calidad.

Al estudiar las características de un suelo se observa que en la morfología de los perfiles se reflejan una serie de procesos que forman parte, junto a otros factores, de la morfogénesis actual de una zona. Aparece una relación causa-efecto en la que la evolución geomorfológica suministra el marco a la evolución de los suelos y sitúa los fenómenos de edafogénesis en superposición de dos evoluciones: la de unidad geomorfológica y la del suelo formado sobre ella (BERNARD & ICOLE, 1984). Este hecho ha sido el nexo que ha propiciado la colaboración entre especialistas de ambas disciplinas y la causa de un considerable avance científico común.

En esta línea de actuación se ha realizado un Proyecto de Investigación en siete zonas degradadas de la Región de Murcia (TUDELA, 1993), del que ofrecemos una de ellas. El objetivo de este trabajo consiste en estudiar la posible degradación de suelos calizos en una zona representativa de condiciones semiáridas (Sierra del Algaidón), así como observar la existencia de una relación entre unidades geomorfológicas y unidades de suelo, utilizando como técnica confirmatoria el análisis factorial.

2. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio ocupa una superficie de 10 km² y responde a las coordenadas 30SXH055438730SXH081417-30SXH035417/30SXH063393 (Fig. 1). Aparece delimitada al noroeste y sureste por dos elevaciones de naturaleza caliza: Sierra del Algaidón (607 m) y Cerrón de la **Serrata** (610 m), respectivamente, siguiendo una dirección **noroeste-sureste**. Entre ambas elevaciones discurre el arroyo del Infierno que, tras unirse al arroyo del Chopillo, aporta sus aguas estacionales al próximo Río Segura.

Para la caracterización del clima se ha trabajado con los datos climáticos de la estación meteorológica de «El Chopillo» y tras la obtención de **diversos** índices y parámetros resulta un clima mediterráneo semiárido de invierno fresco (TUDELA, 1993). La temperatura media anual es de 15,8 °C y la precipitación anual de 348,7 mm, con una evapotranspiración potencial de 816,2 mm y un déficit anual de agua de 467,9 mm. A partir del balance hídrico realizado se estima para los suelos un régimen de humedad arídico; el régimen de temperatura es térmico.

Biogeográficamente se sitúa dentro del subsector manchego-murciano. Cuenta con unas condiciones bioclimáticas propias del horizonte medio del piso mesomediterráneo con un ombroclima semiárido que se refleja en la serie de vegetación dominante, encabezada por el coscojar *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae daphnetosum gnidii*. Esta formación es rara, dado el avanzado estado de degradación en el que se halla el territorio, siendo muy frecuentes los matorrales, correspondientes a la alianza *Siderition bourgeaeanae*, dominados por *Rosmarinus officinalis*, *Cistus sp. pl.*, *Helianthemum sp.pl.* y caracteriza-

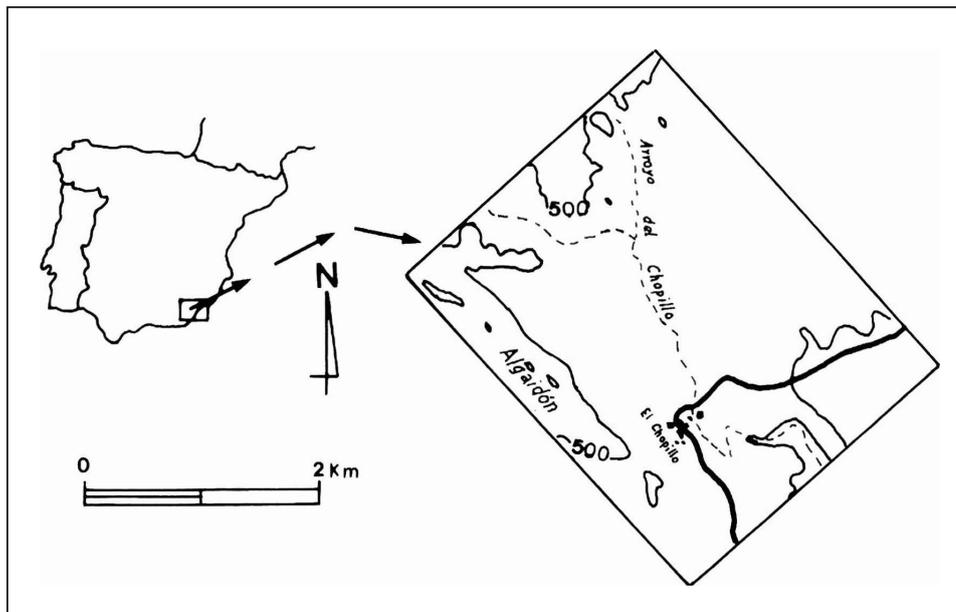


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio.

dos por la presencia de *Thymus funkii* y *Sideritis leucantha subsp. bourgaeanae*. En las áreas rocosas los coscojares se ven sustituidos por retamares de *Genista spartioides subsp. retamoides*. En general, el paisaje presenta un aspecto de pinar (*Pinus halepensis*) salpicado por cultivos de secano, sobre todo dedicados al olivo y cereales. Estos pueden albergar las comunidades de malas hierbas típicas de estos ambientes.

3. METODOLOGÍA

Se ha elaborado una cartografía geomorfológica y edafológica a escala 1:50000 mediante fotointerpretación y trabajo de campo, con el apoyo del Mapa Geológico (ENADIMSA, 1974). Paralelamente, se estudian las facies granulométricas (RIVIÈRE, 1977; CAILLEUX & TRICART, 1959) en las unidades geomorfológicas diferenciadas. Para la clasificación de los suelos se ha seguido el Sistema de FAO (1988) y SOIL SURVEY STAFF (1990). La metodología analítica y cartográfica es la utilizada en el Proyecto LUCDEME para el levantamiento del Mapa de Suelos (ALÍAS et al., 1992).

Como técnica confirmatoria se utiliza el análisis factorial con 27 variables manifiestas (Tabla 1), en las 240 muestras de que consta el Proyecto de Investigación, usando el paquete estadístico BMDP (1986). A la zona de estudio pertenecen 22 muestras de horizontes A de perfiles representativos. Para la clase de productividad se ha seguido el método de RQUIER et al. (1970). Las variables: nitrógeno, materia orgánica, fósforo, y arcilla han sido normalizadas por el propio programa estadístico.

TABLA 1
Variables manifiestas

Variable	Clave	Variable	Clave	Variable	Clave
Carbonato Cálcico	CA	Zinc	ZN	Tipo de Uso	TU
pH en agua	PHO	Manganeso	MN	Zona	LOC
pH en KCl	PHK	Limo fino	LF	Altitud	H
Conductividad eléctrica	CE	Limo grueso	LG	Productividad	PRO
Potasio	K	Arena muy fina	AMF	Capacidad de cambio	T
Sodio	NA	Arena fina	AF	Nitrógeno	N
Magnesio	MG	Arena media	A	Materia orgánica	ORG
Hierro	FE	Arena gruesa	AG	Fósforo	P
Cobre	CU	Arena muy gruesa	AMG	Arcilla	ARC

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Geomorfología

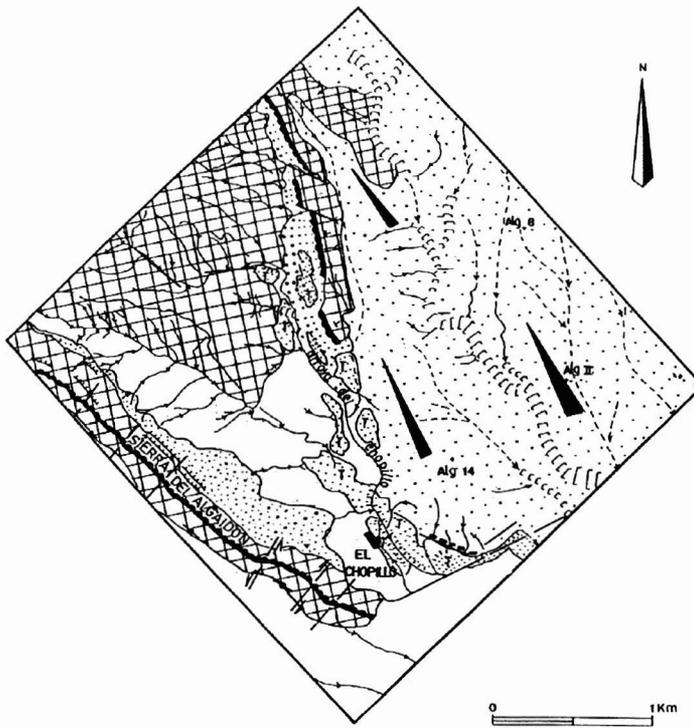
La Sierra del **Algaidón** (Fig. 2) responde a una estructura sinclinal cretácica seccionada por fallas normales y por fallas de desgarre, perpendiculares al eje del pliegue. Al norte de la sierra, en el Cerrón de la **Serrata**, las series verticales forman parte del flanco norte de un sinclinal amplio. Presenta una pendiente comprendida entre 25 y 45%, por encima de los 600 m, descendiendo hasta el 15% a una altitud de 460 m. Este último intervalo es el único que aparece en el Cerrón de La **Serrata**. Por debajo de esta altitud, se extiende una depresión recorrida por el arroyo de El Chopillo, con pendientes inferiores al 10%, cuya parte central verge en dirección a la aldea de El Chopillo, con pendientes inferiores al 5%.

Se diferencian las siguientes formas geomorfológicas:

a) Derrubios de vertiente: En la sierra, la línea de cumbres presenta una cornisa rocosa, en torno a los 600 m de altitud. En toda la ladera septentrional se localizan **escarpes** y hasta una altitud aproximada de 480 m aparece una importante masa de **derrubios** de ladera que provienen de los desprendimientos de la propia comisa, ligados a la acción de la gravedad. El hecho de que estén cubiertos de matorral indica la escasa funcionalidad actual. Esta formación también aparece al norte, en los relieves seccionados por el arroyo de El Chopillo.

Conforme descendemos se extiende el piedemonte, en pendientes comprendidas entre 10 y 15%, haciendo su aparición una serie de pequeños conos aluviales, encostrados, que enlazan directamente con las terrazas que siguen el curso del arroyo. Estas terrazas son de pequeñas dimensiones y se han elaborado sobre sus propios sedimentos. Es de destacar el control estructural al que se somete el arroyo en todo su recorrido por el área de estudio.

b) Glacis-cono: En la margen izquierda del arroyo, aparece un nivel de glacis-cono extendido en dirección noroeste-este. Presenta las características propias de un cono aluvial y aparece sellado por una costra indicativa de una génesis antigua ligada a acumulaciones anteriores. Este depósito está formado por conglomerados típicos de aportes



LEYENDA

	Relieve estructural		Cornisa rocosa
	Escalones rocosos		Falla
	Buzamiento		Buzamiento tabular
	Desgarre		Divisoria de aguas
	Derrubios de vertiente		Rambla y/o Barranco
	Glacia-Cono		Paleocanal
	Cauce de fondo plano		Orillas excavadas en litología
	Terrazas		Puntos de muestreo

FIGURA 2. Mapa Geomorfológico.

torrenciales mezclados con abundantes materiales de fina granulometría. Se encuentra fuertemente incidido por una serie de barrancos de fondo plano y por el arroyo de El Chopillo, signo de una instalación posterior de la red de drenaje. Esta zona esta cultivada con espartales, a excepción de las cañadas y paleocauces con cultivos de secano.

Las muestras de esta formación son **Alg8**, **Alg14** y **AlgII**. La composición granulométrica (Tabla 2) pone de manifiesto un predominio de elementos finos, entre 0.25 y 0.05 mm, siguiendo en importancia la arena intermedia (entre 0.5 y 0.25 mm), y las fracciones de arena gruesa y muy gruesa (entre 1 y 0.5 mm). Esto hace que los valores de la mediana sean bajos, comprendidos entre 0.14 y 0.16 mm (Tabla 3). Del cálculo de los parámetros e índices granulométricos (Tabla 3) se obtienen los siguientes resultados, que referencian una mala clasificación del depósito: Desviación estándar (σ) de 0.90 y 1.40; Índice de Trask (SO) entre 1.77-2.37, por encima de 1; Índice de heterometría (He) y Qdphi elevado, entre 0.70-1.00 y 0.80-1.15, respectivamente.

Las curvas granulométricas acumulativas (Figura 3) dibujan una tipología ultraparabólica, lo que pone de manifiesto un depósito de vertiente grosero, poco rodado o evolucionado, que ha sufrido un transporte incompleto.

4.2 Edafología

TABLA 2
Distribución granulométrica de la fracción arena (%)

Muestra	Arena muy gruesa >1mm	Arena gruesa 1-0.5 mm	Arena intermedia 0.5-0.25 mm	Arena fina 0.25-0.1 mm	Arena muy fina 0.1-0.05 mm	Fracción <0.05 mm
8	2.78	4.28	21.69	40.49	25.56	4.20
14	1.85	4.70	16.06	42.08	29.70	4.99
II	6.42	9.59	16.12	31.82	31.50	4.54

TABLA 3
Parámetros e índices granulométricos

Muestra	Q25 mm f	Q50 mm f	Q75 mm f	Q5 Mm f	Q16 mm f	Q84 mm f	Q95 mm f	
8	0.25-1.9	0.16-2.5	0.08-3.5	0.55-0.9	0.30-1.7	0.08-3.5	0.04-4.3	
14	0.45-1.2	0.14-2.8	0.08-3.5	0.65-0.7	0.30-1.7	0.07-3.7	0.05-4.1	
II	0.30-1.7	0.14-2.8	0.08-3.5	1.10-0.2	0.50-1.0	0.06-3.8	0.05-4.1	
Muestra	Q50	m	o	Qd	He	SO	Sk	Kg
8	0.16	2.60	0.90	0.80	1.00	1.77	0.78	0.87
14	0.14	2.70	1.00	1.15	0.70	2.37	1.84	0.60
II	0.14	2.40	1.40	0.90	0.70	1.97	1.26	0.98

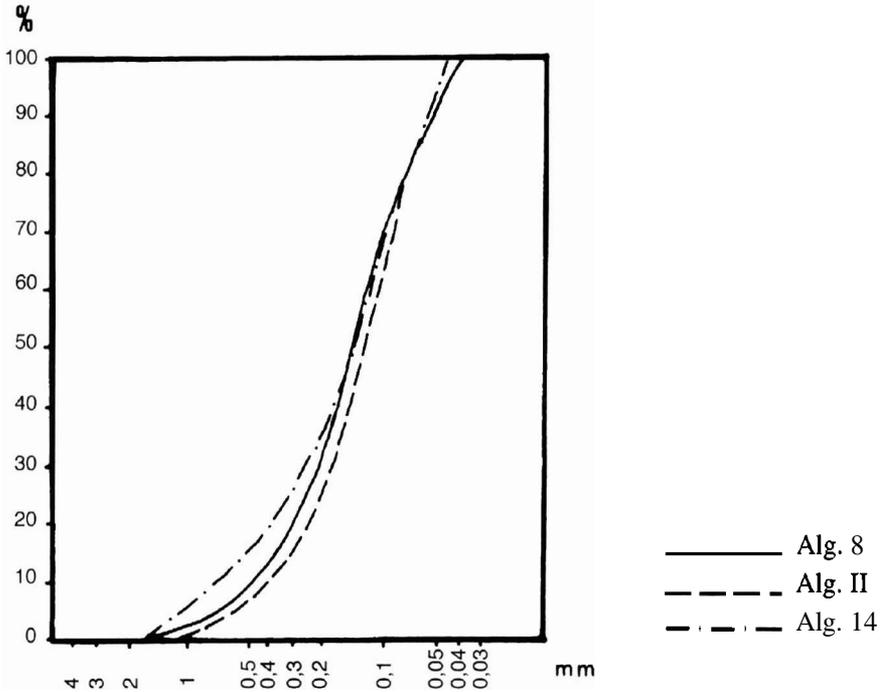


FIGURA 3. Curvas Granulométricas.

4.2.1 Cartografía de suelos

Se ha realizado la cartografía edafológica de la zona (Figura 4), de acuerdo con la metodología descrita. Las unidades cartografiadas son: Calcisoles pétricos, Calcisoles háplicos, Fluvisoles calcáricos, Leptosoles líticos, Leptosoles réndricos y Regosoles calcáricos. De todos ellos se describen tres perfiles de los más representativos por su extensión.

PERFIL Alg I

Localidad: Término municipal de Moratalla

Situación: Unos 700 m al SE del cortijo «El Algaidón»

Coordenadas U.T.M : 130SXH042422

Altitud: 1.450 m

Pendiente: Colinado

Posición fisiográfica: Ladera

Vegetación: *Rhamnus lycioides*; *Pistacia lentiscus*; *Rosmarinus officinalis*; *Helianthemum marifolium*; *Brachypodium retusum*; *Stipa parviflora*; *Carex dystachya*; *Stipa tenacissima*; *Thymus vulgaris*; *Helictotrichon filifolium*; *Anthyllis cytisoides*; *Teucrium gracillimum*; *Sedum sediforme*; *Helianthemumpilosum*; *Cistus clusii*; *Fumana thymifolia*;

Sideritis leucanta subsp. bourglana; Staehelina dubia; Ephedra fragilis: Atractyllis hiemalis

Material original: Coluvios calizos

Condiciones de drenaje: Algo excesivamente drenado

Pedregosidad: Muy pedregoso

Afloramientos rocosos: Moderadamente rocoso

Salinidad: Libre de sales

Erosión: Hídrica laminar débil

Influencia humana: Ninguna

Clasificación: Calcisol háplico (FAO, 1988) Calciorthid xeróllico (SOIL SURVEY STAFF, 1990)

MACROMORFOLOGÍA

Horizonte Ah; Prof. cm. 0-13: Pardo rojizo oscuro (5YR3/3) en estado húmedo y gris rojizo oscuro (5Y4/2) en seco. Franco. Estructura migajosa gruesa a poliédrica subangular muy fina, débil. Ligeramente adherente; ligeramente plástico; suelto; suelto. Muchos poros muy finos y frecuentes finos. Frecuentes gravas y pocas piedras, angulosas y de naturaleza caliza. Muy calizo. Abundantes raíces muy finas y finas, pocas medianas y muy pocas gruesas. Límite gradual, plano.

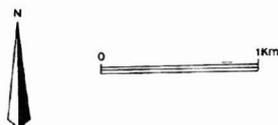
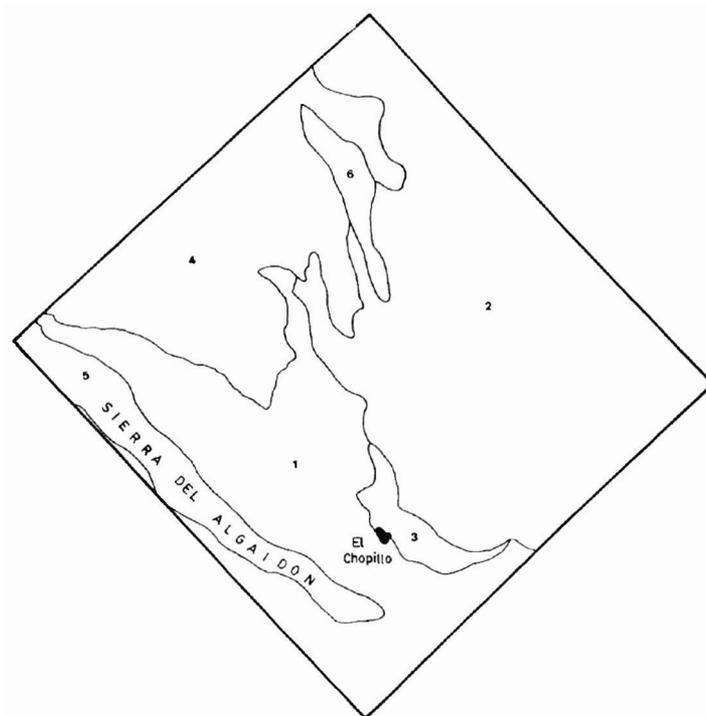
Horizonte AB; Prof. cm. 13-29: Pardo rojizo (5YR4/3) en húmedo y pardo rojizo (5YR5/3) en seco. Franco. Estructura poliédrica subangular muy fina, moderada. Ligeramente adherente; ligeramente plástico; muy friable; blando. Muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos. Frecuentes gravas, pocas piedras y muy pocos pedregones, angulosos y calizos. Muy calizo. Son comunes las raíces muy finas y finas, pocas las medianas y muy pocas las gruesas. Límite gradual, plano.

Horizonte Bw; Prof. cm. 29-52: Pardo rojizo (5YR4/4) en húmedo y pardo rojizo claro (5YR6/3) en seco. Franco. Estructura poliédrica subangular fina a muy fina, débil. Ligeramente adherente a adherente; plástico; muy friable; ligeramente duro. Muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos. Pocas gravas, muy pocas piedras y pedregones, angulosos y subredondeados de naturaleza caliza. Muy calizo. Son comunes las raíces muy finas y finas, pocas medianas y muy pocas gruesas. Límite Neto, plano.

Horizonte Ck1; Prof. cm. 52-71: Pardo (7.5YR5/4) en húmedo y pardo claro (7.5YR6/4) en seco. Masivo. Adherente; plástico; friable; duro. Frecuentes manchas (5%), medianas, definidas, netas y de color blanco. Muchos poros muy finos y frecuentes medianos. Frecuentes gravas y piedras, muy pocos pedregones, angulosos y subredondeados, de naturaleza caliza. Muy calizo. Muy pocas raíces muy finas y pocas finas. Límite neto, plano.

Horizonte Ck2; Prof. cm. +71: Pardo claro (7.5YR6/4) en húmedo y rosado (7.5YR7/4) en seco. Franco. Masivo. Adherente; plástico; friable; muy duro. Muchas manchas (30%), medianas, definidas, netas y de color blanco. Muchos poros muy finos y pocos finos. Muy calizo. Muy pocas raíces muy finas y finas.

El perfil presenta un horizonte A humífero que cumple los requisitos para ser considerado móllico, pero que por problemas de espesor se considera órico. Le sigue a este



LEYENDA	
SUELOS DOMINANTES	INCLUSIONES
1	Calcisol pétrico
2	Calcisol pétrico Fluvisol calcárico
3	Fluvisol calcárico
4	Leptosol lítico Calcisol háplico
5	Leptosol lítico Leptosol róndrico
6	Regosol calcárico

FIGURA 4. Mapa Edafológico.

Datos analíticos

Hor.	Prof.	M.O.	C	N	C/N	CO ₃ CA	pH			C.E.
							H ₂ O	CLK	T	
Ah	0-13	5.47	3.18	263.0	12.1	30.7	7.9	7.3	28.5	0.37
AB	13-29	3.93	2.29	183.0	12.5	36.4	8.0	7.3	20.0	0.28
Bw	29-52	2.50	1.45	120.1	12.1	42.0	8.2	7.5	12.7	0.24
Ck1	52-72	1.21	0.70	63.1	11.6	47.0	8.3	7.6	8.7	0.37
Ck2	+72	0.55	0.32	39.9	10.6	50.7	8.6	7.0	6.7	0.61

Composición granulométrica

Muestra	<2	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
Ah	23.4	26.0	1.7	11.5	13.4	9.6	8.6	8.9
AB	19.1	22.7	17.8	11.3	15.2	7.3	3.8	2.7
Bw	20.5	15.3	20.5	11.9	17.0	8.5	4.2	2.0
Ck1	24.0	20.7	9.5	11.0	19.4	9.5	3.4	2.3
Ck2	20.2	15.0	9.1	8.4	22.2	18.0	5.1	1.9

Elementos asimilables

Hor.	K	Na	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	P
Ah	31.7	14.3	0.5	2.0	0.6	2.4	0.9	20.4
AB	30.4	10.9	0.4	2.4	0.5	5.1	0.4	11.3
Bw	25.8	10.1	0.3	1.7	0.5	6.4	0.3	3.4
Ck1	23.3	7.6	0.3	1.2	0.5	3.9	0.2	0.9
Ck2	21.4	10.5	0.4	2.1	0.5	1.9	0.2	3.2

horizonte uno de transición AB y un B cámbico que descansa sobre un horizonte C cálcico muy desarrollado. El contenido en materia orgánica es relativamente alto y disminuye regularmente con la profundidad. Se trata de una materia orgánica con un buen grado de humificación, como corresponde a suelos con muy elevado grado de saturación y valores de pH por encima de 7. La relación C/N se mantiene entre valores de 10-15, haciéndose patente la influencia de la vegetación, situándose por encima del horizonte Ah unos 2 cm. de hojarasca. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es menor de 2 mmhos/cm. El régimen de humedad es **arídico** y el de temperatura térmico. Por su posición **fisiográfica**, intervienen en la génesis de este suelo el lavado vertical y lateral de carbonato cálcico, acumulándose en la base del horizonte B, formando el mencionado horizonte cálcico. La existencia de un horizonte A con epipedón órico al que sigue un horizonte cámbico y, a mayor profundidad, uno cálcico muy desarrollado clasifican al suelo de **Calcisol** háplico (FAO, 1988), equivalente a Calciorthid **xeróllico** (SOIL SURVEY STAFF, 1990).

PERFIL Alg II

Localidad: Término municipal de Moratalla

Situación: Unos 1500 m al NE de «El Chopillo»

Coordenadas U.T.M.: 30SXH075416

Altitud: 400 m

Pendiente: Llano o casi llano

Posición fisiográfica: Cañada o glacis

Vegetación: *Cultivo de olivos y malas hierbas: Erodium ciconium; Erodium cicutarium; Eruca vesicaria; Diplotaxis erucoides; Convolvulus arvensis; Euphorbia serrata; Salsola ruthenica*

Material original: Sedimentos calizos encostrados

Condiciones de drenaje: Bien drenado

Pedregosidad: Moderadamente rocoso

Afloramientos rocosos: Ninguno

Salinidad: Libre de sales

Erosión: Hídrica laminar débil

Influencia humana: Labores de cultivo

Clasificación: Calcisol pétrico (FAO, 1988) Paleorthid xeróllico (SOIL SURVEY STAFF, 1990)

MACROMORFOLOGÍA

Horizonte Ap; Prof. cm 0-22: Pardo a pardo oscuro (7.5YR4/4) en húmedo y pardo (7.5YR5/4) en seco. Franco. Estructura poliédrica subangular fina, débil. Ligeramente adherente; ligeramente plástico; muy friable; ligeramente duro. Muchos poros muy finos. Pocas gravas, angulosas y de naturaleza caliza. Muy calizo. Pocas raíces muy finas y finas, muy pocas medianas. Límite neto, ondulado.

Horizonte Ck; Prof. cm 22-50: Amarillo rojizo (7.5YR6/6) en húmedo y rosado (7.5YR7/4) en seco. Franco. Masivo. Frecuentes manchas (12%), medianas, con límite entre brusco y neto. Destacadas y blancas. Adherente; ligeramente plástico; muy friable; duro. Débilmente cementado. Muchos poros muy finos y pocos finos. Límite neto, plano.

Horizonte Ckm; Prof. cm + 50: Horizonte petrocálcico, masivo, débilmente cementado, muy duro, continuo, con estructura aglomerada.

Como corresponde a un suelo de cultivo, el suelo posee un bajo contenido en materia orgánica, que se sitúa por debajo del 2%. Se trata de una materia orgánica muy bien humificada, tipo mull-calizo con valores de la relación CM entre 10-12. El horizonte Ap cumple todos los requisitos de color y carbono orgánico exigidos para ser calificado como epipedón ócrico. Los valores de pH son alcalinos y los determinados en solución 1M de CIK un poco menores que los determinados en suspensión acuosa, lo cual indica un buen grado de saturación en bases. Es un suelo muy calizo desde la superficie y los resultados del análisis químico así lo confirman, en el sentido de que interviene un lavado relativamente intenso de carbonato cálcico que se acumula en profundidad y forma un horizonte cálcico sobre otro igualmente cálcico pero cementado, petrocálcico, que se inicia a unos

Datos analíticos

Har.	Prof.	M.O.	C	N	C/N	CO ₂ CA	H2O	CLK	T	C.E.
Ap	0-22	1.92	1.11	102.1	10.9	49.9	8.4	7.5	9.9	0.45
Ck	22-50	0.90	0.52	50.0	10.4	51.9	8.5	7.6	7.5	0.55
Ckm	+50					73.2				

Composición granulométrica

Muestra	<2	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
Ap	23.4	16.7	19.4	13.4	13.5	6.8	4.1	2.7
Ck	22.3	19.3	24.1	11.7	11.4	5.4	3.3	2.4

Elementos asimilables

Hor.	K	Na	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	P
Ap	16.7	10.9	0.3	0.9	1.2	1.3	0.3	4.2
Ck	4.9	8.6	0.4	0.4	0.5	1.4	0.2	0.1

50 cm. de profundidad. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es menor de 2 mmhos/cm. El régimen de humedad es árido y el de temperatura térmico. La existencia como horizontes diagnósticos de un A ócrico al que siguen un cálcico y un petrocálcico, llevan a clasificar el suelo como Calcisol pétrico (FAO, 1988) equivalente a Paleorthid xeróllico (SOIL SURVEY STAFF, 1990).

PERFIL Alg III

Localidad: Término municipal de Moratalla

Situación: Sierra del Algaidón, a 2.500 m al NW de «El Chopillo»

Coordenadas U.T.M.: 30SXH039415

Altitud: 520 m

Pendiente: Escarpado

Posición fisiográfica: Pendiente cóncava

Vegetación: *Quercus coccifera*; *Pinus halepensis*; *Thymus vulgaris*; *Helianthemum marifolium*; *Juniperus oxycedrus*; *Stipa tenacissima*; *Lithodora fruticosa*; *Brachypodium retusum*; *Cistus albidus*; *Helictotrichon filifolium*; *Anthyllis cytisoides*; *Rhamnus lycioides*; *Rosmarinus officinalis*; *Avenula bromoides*; *Arbutus unedo*; *Genista retamoides*; *Pistacia lentiscus*; *Fumana ericoides*; *Lapiedra martinezii*; *Orobanche latisquama*.

Material original: Calcarenitas Jurásicas

Condiciones de drenaje: Excesivamente drenado

Pedregosidad: Excesivamente pedregoso

Afloramientos rocosos: Muy rocoso

Salinidad: Libre de sales

Erosión: Hídrica laminar moderada

Influencia humana: Ninguna

Clasificación: Leptosol réndrico (FAO, 1988) Haploxeroll lítico (SOIL SURVEY STAFF, 1990)

MACROMORFOLOGÍA

Horizonte A; Prof. cm 0-20: Pardo rojizo oscuro (5YR2/2) en húmedo y gris rojizo oscuro (5YR4/2) en seco. Franco arenoso. Estructura migajosa media, fuerte. Ligeramente adherente; ligeramente plástico; muy friable; blando. Muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos. Abundantes gravas y frecuentes piedras, angulosas y de naturaleza caliza. Muy calizo. Abundantes raíces muy finas y finas, pocas medianas y muy pocas gruesas. Límite brusco, ondulado.

Horizonte R; Prof. cm +20: Calcarenita jurásica.

El suelo presenta un horizonte A móllico que descansa directamente sobre una roca carbonatada a profundidad superior a 10 cm. conteniendo abundantes gravas calizas. Por la pendiente en la que se encuentra y por la posición fisiográfica se favorece el lavado y evacuación del carbonato cálcico, conteniendo tan sólo un 16%. El contenido en materia orgánica y la relación C/N de 12 señalan un buen grado de humificación. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es menor de 2 mmhos/cm. El régimen de humedad es arídico y el de temperatura térmico. Las características del horizonte A lo califican como Leptosol que, al tener epipedón móllico con abundantes gravas y piedras calizas y descansar en una calcarenita, se clasifica como Leptosol réndrico (FAO, 1988), equivalente a un Haploxeroll lítico (SOIL SURVEY STAFF, 1990).

Datos analíticos

Hor.	Prof.	M.O.	C	N	C/N	CO ₃ CA	pH			C.E.
							H ₂ O	CLK	T	
A	0-20	4.84	2.81	223.5	12.7	16.4	8.2	7.6	16.8	0.33

Composición granulométrica

Muestra	<2	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
A	13.2	32.9	0.8	10.6	26.3	12.4	4.0	1.4

Elementos asimilables

Hor.	K	Na	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	P
A	12.5	17.3	0.4	5.1	0.6	13.1	0.8	11.3

4.2.2. Datos analíticos de horizontes A

Además de los resultados de los perfiles descritos, en 19 muestras de horizontes A se han determinado las características que figuran en la tabla 4, en la que junto a variables analíticas aparecen también el tipo de suelo (TS) de cada una de ellas, según FAO, 1988, y el tipo de uso (TU), no cultivado (1) y cultivado (2).

TABLA 4
Datos analíticos. Capa arable

MUESTRA	M.O	N	C/N	CO3Ca	pH			TS	TU
					H2O	CIK	C.E.		
1	3.10	0.16	11.28	75.44	7.95	7.55	0.84	CLh	1
2	2.57	0.16	09.36	53.75	7.70	7.20	1.16	LPq	1
3	3.15	0.24	07.63	40.56	7.85	7.40	0.98	CLh	1
4	7.32	0.28	14.16	26.37	8.05	7.45	0.84	CLp	1
5	4.35	0.25	10.11	20.64	7.70	7.05	1.34	CLh	1
6	0.56	0.04	08.14	22.79	8.40	7.65	0.40	CLh	1
7	1.91	0.14	07.93	47.32	7.90	7.30	0.75	CLh	1
8	2.01	0.16	07.30	23.08	8.10	7.50	0.67	CLp	1
9	3.41	0.19	10.43	29.28	8.20	7.40	0.62	CLh	1
10	3.37	0.19	10.31	29.80	7.90	7.50	0.80	CLp	1
11	2.00	0.20	05.81	21.73	8.10	7.55	0.80	CLp	2
12	3.78	0.20	11.00	35.72	8.00	7.45	0.67	CLp	1
13	0.82	0.06	07.94	36.52	8.25	7.60	0.98	FLc	2
14	1.44	0.12	06.98	36.61	8.00	7.50	1.02	CLp	2
15	3.04	0.19	09.30	26.12	7.90	7.40	0.67	CLp	2
16	2.70	0.13	12.07	39.96	8.25	7.50	0.49	FLc	2
17	1.48	0.12	07.17	36.52	8.10	7.45	0.89	FLc	2
18	2.70	0.22	07.13	27.01	7.85	7.30	1.47	KSp	1
19	4.64	0.27	09.99	33.34	7.85	7.45	1.25	CLp	1

4.3. Estudio factorial

Para el estudio estadístico mediante análisis factorial se han seguido los criterios y se ha exportado la matriz de correlación utilizada en el Proyecto mencionado anteriormente (TUDELA, 1993).

A partir de aquí, se determinan los factores cuyos autovalores representan la cantidad de **varianza** explicada por el correspondiente componente principal (ALÍAS et al., 1993). Obtenidos los factores principales se estudia el conjunto de cargas factoriales resultantes para cada una de las variables, para lo cual se realiza sobre la matriz de factores una

Composición Granulométrica

Muestra	< 2	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
1	17.2	45.7	9.3	9.1	7.4	5.2	3.7	2.5
2	12.6	39.5	9.1	14.0	25.8	5.7	2.2	1.1
3	9.8	36.9	11.6	11.2	14.9	8.0	4.7	2.9
4	13.4	20.4	14.7	14.9	18.7	8.0	4.8	5.2
5	27.1	15.4	16.3	10.6	16.8	7.7	2.5	3.6
6	15.0	11.4	18.0	15.6	26.0	13.	1.7	0.8
7	12.4	37.2	7.9	15.5	18.4	6.2	1.2	1.3
8	12.7	14.7	11.8	13.4	21.9	16.0	5.0	4.4
9	16.0	24.6	18.7	14.5	13.7	7.8	3.0	1.7
10	12.6	47.3	7.5	8.8	13.1	5.6	3.2	2.0
11	12.1	19.2	14.6	12.5	21.6	10.4	5.0	4.6
12	14.3	20.3	12.6	10.2	15.9	9.7	9.4	5.3
13	10.8	30.7	11.0	15.3	21.6	7.9	1.8	0.8
14	10.3	13.0	15.3	7.9	24.7	11.8	5.1	3.4
15	16.6	43.5	8.1	7.4	10.3	6.4	3.9	3.8
16	19.5	28.8	16.5	4.6	16.3	11.2	5.5	3.6
17	12.3	32.3	14.7	14.7	16.8	6.6	1.7	0.9
18	13.7	28.8	11.9	13.8	16.5	9.1	3.6	2.5
19	17.2	17.8	8.6	27.1	18.7	5.4	3.6	1.5

Elementos Asimilables

Muestra	K	Na	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	P
1	14.60	6.18	0.56	1.36	0.66	3.38	1.09	16.4
2	24.50	9.63	0.53	1.24	0.54	4.29	0.86	11.4
3	27.13	9.08	0.58	3.37	2.91	0.00	1.18	18.4
4	19.02	14.13	0.50	5.38	1.75	8.52	1.29	16.4
5	41.68	8.79	0.35	3.13	0.79	0.00	2.05	7.4
6	19.60	7.56	0.56	1.60	0.42	3.32	1.46	15.4
7	28.42	10.57	0.43	1.36	0.54	4.65	1.52	0.00
8	20.23	5.82	0.38	3.13	3.09	3.32	0.92	13.4
9	26.05	8.40	0.40	0.89	1.39	4.83	0.82	0.00
10	25.44	14.63	0.54	1.24	2.18	7.01	0.77	6.5
11	20.17	7.74	0.34	2.19	1.88	4.71	0.97	5.5
12	23.08	7.71	0.28	3.37	2.97	4.53	0.71	12.4
13	33.56	14.81	0.62	1.01	6.12	6.83	2.18	41.1
14	20.98	0.00	0.27	1.83	1.09	3.80	0.84	0.0
15	26.53	7.56	0.67	1.48	0.36	4.89	1.16	7.5
16	20.91	8.61	0.32	1.60	0.54	8.28	1.35	21.3
17	25.04	8.79	0.45	0.89	2.24	4.23	0.60	25.3
18	32.28	8.94	0.35	1.95	2.91	2.90	0.00	6.5
19	28.29	10.24	0.53	5.50	3.21	0.00	0.00	6.3

Var	FACTORES								H	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
CA	-0.729	0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PH	-0.259	0.000	0.000	0.000	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000	0.000
PH	-0.320	0.503	0.000	0.000	0.000	0.412	0.000	0.000	0.301	0.000
CE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.777	0.000
K	0.337	0.000	0.441	-0.323	-0.269	0.000	0.000	0.000	0.373	0.270
KA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.403	0.000	0.000	-0.737	0.000
EG	0.000	0.000	0.000	0.735	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.785
EE	0.000	0.000	0.000	0.877	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.254
CU	0.000	0.000	0.000	0.371	0.376	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MN	0.326	0.000	0.000	0.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LF	-0.262	0.000	-0.528	0.000	-0.262	-0.506	0.000	0.000	0.000	0.000
LG	0.000	-0.521	0.000	0.000	0.000	0.625	0.000	0.000	0.000	0.000
AM	0.000	0.309	0.790	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AF	0.000	0.000	0.821	0.000	0.299	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A	0.000	0.802	0.436	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AG	0.000	0.917	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AM	0.000	0.808	0.000	-0.000	-0.261	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TU	-0.456	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.691	0.000	0.000	0.000
LO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H	0.290	0.000	0.289	0.000	-0.761	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T	0.739	0.000	-0.359	0.000	0.000	-0.259	0.000	0.000	0.000	0.000
PR	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.853	0.000	0.000	0.000
N	0.779	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.376	0.000	0.000	0.000
OR	0.782	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.391	0.000	0.000	0.000
P	0.284	0.000	-0.385	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.598
AR	0.000	0.000	-0.774	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
VP	0.333	0.304	0.200	0.434	2.020	1.767	1.129	1.460	1.411	1.411

TABLA 5. Puntuaciones Factoriales.

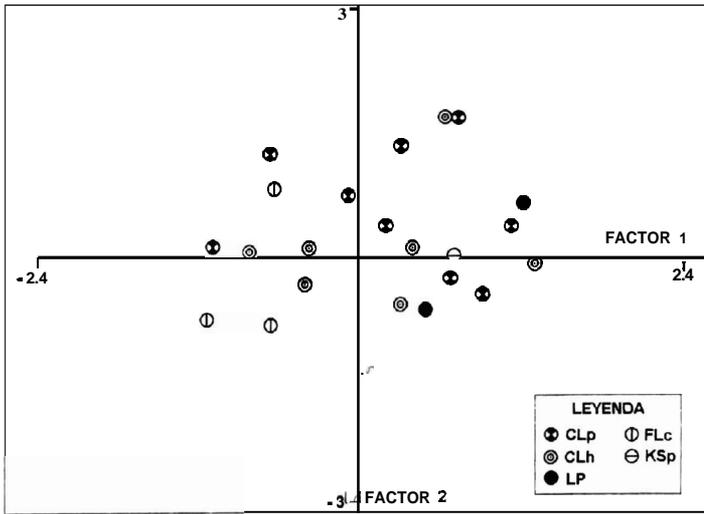


FIGURA 5. Puntuaciones Factoriales.

transformación ortogonal, según el modelo de rotación Varimax. En la Tabla 5 aparece la matriz de componentes *rotada*, junto con la cantidad de varianza aplicada por cada componente. Las cargas menores de 0.25 han sido reemplazadas por ceros.

El factor 1 tiene cargas muy elevadas y positivas en materia orgánica, nitrógeno y capacidad de cambio, y negativas en calcio y tipo de uso. En menor influencia aparecen el fósforo y el potasio. Teniendo en cuenta que los macronutrientes más importantes del suelo y la capacidad de cambio iónico resultan fundamentales a la hora de hablar de la capacidad productiva de un suelo y que en este factor están todos ellos representados positivamente se le ha denominado factor fertilidad. El factor 2, que ha obtenido cargas muy elevadas en arena, arena medio gruesa y arena gruesa, se le ha denominado factor textura gruesa. Es interesante resaltar que en la zona de estudio este factor se puede relacionar con fenómenos de erosión, ya que los suelos que aparecen con puntuaciones positivas en él, como son Leptosoles y gran parte de Calcisoles petricos, han sufrido una pérdida de elementos finos por arrastre superficial, bien por estar en zonas de fuerte pendiente o desprotegidos por falta de cubierta vegetal. El factor 3, con cargas muy elevadas en arena fina, arena media fina y arcilla, representa el factor textura fina. El factor 4 representa a los elementos asimilables hierro, cobre, manganeso y zinc y se le ha denominado factor oligoelementos. El factor 5 es el factor geográfico al presentar sus valores máximos en altitud y localización. El resto de factores no han sido considerados al explicar un porcentaje de varianza muy bajo.

En la zona de estudio y como aplicación para detectar una posible degradación del suelo se representan las puntuaciones factoriales de cada muestra en los dos factores que mejor las caracteriza: factor fertilidad (F1) y factor textura gruesa (F2), diferenciando el tipo de suelo de cada una de ellas (Fig. 5). Los resultados de esta zona suponen una generalización de las 240 muestras del Proyecto de Investigación.

Como se puede observar, los suelos que tienen un factor 1 positivo se localizan en las ladera de la sierra. Son Leptosoles mólicos que por recibir un aporte continuo de restos vegetales presentan un contenido en materia orgánica superior al 2%. Aparecen también Calcisoles que ocupan los conos aluviales que se encuentran soportando una vegetación natural de espartal, lo que es interesante para indicar que bajo este cultivo el fenómeno de degradación no se presenta ya que debido a la gran densidad de enraizamiento se incorpora abundante materia orgánica al suelo, mejorando sus características.

Los suelos que tienen un factor 1 negativo gran parte de Calcisoles que han visto reducidos sus aportes vegetales por una puesta en cultivo, siendo el proceso edafogénico más importante el lavado y acumulación de carbonato cálcico. Los Fluvisoles, suelos habitualmente fértiles, se presentan aquí con factor negativo debido a que proceden de materiales de arraste de naturaleza margosa de los relieves circundantes.

Si los suelos se someten a cultivo de espartales, no pierden su capacidad de producción, pero cuando el tapiz vegetal disminuye y es sustituido por cultivos que no aportan la suficiente materia orgánica para mantener el equilibrio ecológico, tales como cereales, almendros, vid, olivo, se produce una disminución considerable en la fertilidad de los mismos y un aumento paralelo de su proclividad a la degradación. Este problema se agrava en aquellos casos en que el material original es margoso y con alto contenido en carbonato cálcico en las fracciones más finas.

CONCLUSIONES

De la combinación de parámetros físicos, geológicos, geomorfológicos y edafológicos se desprenden los siguientes hechos:

- En zonas altas de ladera se localizan los Leptosoles. En zonas bajas de ladera y **glacis**-cono aparecen horizontes cálcicos y petrocálcicos y, en función de que su horizonte A sea mólico u **ócrico**, los suelos mayoritarios son Kastanosems o Calcisoles, respectivamente. Ocupando antiguos cauces fluviales aparecen Fluvisoles.
- La mayor parte de los suelos de la zona estudiada están cultivados y es clara la disminución de fertilidad en todos ellos. Como suelos climax no degradados se encuentran los Leptosoles y Calcisoles no cultivados, en los que una importante cubierta vegetal de coscojar, carrascal o matorrales diversos ha hecho de la humificación uno de los procesos determinantes en su génesis. Como suelos degradados aparecen Calcisoles cultivados de cereales, almendros y vid, en los que se ha roto el equilibrio suelo-vegetación, y los Fluvisoles formados a partir de sedimentos margosos.

La disminución del contenido en materia orgánica, debido a la roturación y arado repetido que conlleva la puesta en cultivo y la consiguiente **disminución** de los aportes de restos vegetales da como resultado la degradación de la estructura del suelo, pérdida de productividad y progresiva desertificación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALÍAS, L.J., ORTIZ, R., SÁNCHEZ, A., LINARES, P., MARTÍNEZ, J. & MARÍN, P. (1992): *Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E. 1:100000 Totana (954)*. Minist. Agric. Pesca y Alimentación. Universidad de Murcia.
- ALÍAS, L.J., MARTÍNEZ, J. & TUDELA, M.L. (1993): «Aplicación del análisis estadístico al estudio de la degradación de suelos calizos en la Región de Murcia». In: *Problemática geoambiental y desarrollo (R. Ortiz Ed.)* Murcia.
- BERNARD, M. & ICOLE, M. (1984): «Les relations Pédologie-Géomorphologie-Géologie du Quaternaire. Apports reciproques». *Livre Jubilaire du Cinquantenaire, Association Francaise pour l'Etude du Sol*, pp. 141-152.
- BMDP (1986): *Statistical Software, INC.*, vol. 1 y 2. Los Ángeles.
- CALLEUX, A. & TRICART, J. (1959): *Initiation a l'étude des sables et des galets*. Centre de Documentation Universitaire. París, I, II, III.
- DUCHAUFOUR, PH. (1970): *Précis de Pédologie*. Masson & Cie, París.
- ENADIMSA, (1974): *Mapa Geológico de España, escala 1:50000, Calasparra (890)*. Madrid.
- FAO. (1988): *Soil Map of The World, Revised Legend*. World Soil Resources Report 60, FAO, París.
- RIQUIER, BRAMAO & CORNET (1970): «El sistema de evaluación de la productividad agraria de los suelos de la FAO». In: *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. CEOTMA (1982), 3.
- RIVIERE, A. (1977): *Méthodes granulométriques. Techniques et interpretations*. París, 1970.
- TUDELA, M.L. (1993): *Estado actual de la degradación de suelos calizos en varias zonas de la Región de Murcia*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, España.