

DESERTIFICACIÓN PROGRESIVA DEL SURESTE PENÍNSULAR EN SUELOS CON COSTRA CALIZA Y SU RELACIÓN CON LA PUESTA EN CULTIVO

TUDELA SERRANO, M. L. Y MARTÍNEZ SÁNCHEZ, J.

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

RESUMEN

Con el firme propósito de conservar el suelo como elemento integrante del Medio Ambiente se da cuenta en este trabajo de algunos aspectos de la degradación biológica que tiene lugar en los suelos por la puesta en cultivo. Se estudian suelos calizos en siete zonas de la Región de Murcia. Se aplica un tratamiento estadístico (análisis descriptivo y de varianza y contraste de medias) a 112 muestras de suelo, (85 Calcisoles pétricos y 27 Kastanosems pétricos). Las variables consideradas son: el tipo de suelo, tipo de uso (cultivado o bajo vegetación natural) y aquellas que se encuentran mas relacionadas con la degradación biológica (materia orgánica, nitrógeno, carbonato cálcico, arcilla, fósforo, potasio y capacidad de cambio). En particular se observa la pérdida de fertilidad que sufren los Kastanosems pétricos con la puesta en cultivo y su degradación a Calcisoles pétricos, estimándose que esta degradación biológica es operativa desde hace unos 100 años.

Palabras clave: *análisis descriptivo, análisis de varianza, degradación, Calcisol pétrico, fertilidad, Kastanosem pétrico, materia orgánica, suelos.*

ABSTRACT

This paper reports a study on some particular questions of the biological degradation suffered by a soil as a consequence of its use for agricultural purposes. A statistical study using 112 soil samples from Murcia (Spain) is carried out. In addition to the type of soil and type of vegetation the main variables used are organic matter, nitrogen, calcium carbonate, clay, phosphate, potassium and change capacity levels and exchange capacity. From the data it appears to be clear the decrease in fertility suffered by and its evolution to when they are used for agricultural purposes. Soil organic matter decay is estimated to be operative during the last century.

Key Words: *Calcisol pétrico, degradation, descriptive analysis, fertility, Kastanosem pétrico, organic matter, soil, variant analysis.*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, una rápida pérdida de la calidad del medio ambiente ha llevado a la realización de estudios sobre el medio físico para su mejor conocimiento, tanto para el logro del máximo aprovechamiento de los recursos naturales como para evitar deterioros irreversibles del medio natural o la aparición de fenómenos perjudiciales para el medio natural o para las actividades humanas.

Atendiendo a su formación, el suelo se considera un recurso no renovable en estado de equilibrio con los factores de formación. Cuando se rompe este equilibrio, la evolución natural del suelo se modifica y se desarrollan una serie de procesos que tienden a la disminución de su calidad, lo cual se traduce en una degradación. Como señala Ortiz (1990), el término degradación del suelo puede tener más de una acepción. Desde el punto de vista naturalista, significa los cambios ocasionados por determinados procesos de deterioro en un suelo en relación con su estado anterior o incluso con su estado ideal, es decir, con el del suelo climax (Duchaufour, 1984). Desde un punto de vista más utilitario, Fao (1977, 1980) Fao y Pnuma (1984) definen la degradación como un proceso que disminuye la capacidad actual y potencial del suelo para producir (cuantitativa y/o cualitativamente) bienes y/o servicios.

En particular, no se dispone de base suficiente para predecir la pérdida de calidad del suelo bajo diferentes condiciones ambientales y de uso de la tierra (Albaladejo et al., 1988), pero es en el ambiente Mediterráneo, en general, y en el Sureste de la Península Ibérica, en particular, donde las potenciales crisis morfogenéticas y la larga y continua acción antrópica han propiciado unos ecosistemas frágiles, con una mínima capacidad de regeneración, haciendo que los procesos de degradación sean muy severos. De gran importancia en nuestros suelos es la degradación biológica, consistente en la disminución del contenido en materia orgánica debido a la roturación y arado repetido que favorecen la mineralización del humus, dando como resultado una pérdida de complejos arcillo-húmicos y la consiguiente degradación de su estructura.

Uno de los principales problemas con que se enfrenta la agricultura es el de conseguir, en el proceso de desarrollo, la conservación de la capacidad de producción de los recursos naturales mediante la adopción de medidas racionales de explotación y conservación. En las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas de Nairobi sobre desertificación (1977) está implícita la creencia de que el suelo es un don preciado y frágil, cuya desaparición históricamente incluso ha determinado el ocaso de muchas civilizaciones, como también creía Liebig, padre de la química del suelo, su importancia, con la fuerza de los pioneros, así es descrita por Bennet en 1948, antes de que se internacionalizara tan aguda problemática: «La conservación del suelo -dice- es en mi opinión el desarrollo agrícola más significativo del tiempo presente...». «El mal uso y descuido del suelo han llevado a la humanidad a la encrucijada de un camino...donde solo hay dos sendas para proseguir, una correcta y otra falsa...».

El final de un proceso erosivo puede acabar, pese a la vaguedad del término, en desertificación, la cual podría ser definida como un proceso que comprende una serie de cambios ecológicos que hacen que la tierra deje de servir para la agricultura o para

ser habitada por el hombre, habiendo desaparecido la capa vegetal y de suelo fértil y quedando solamente tierra inerte (Barney, 1982). En la región de Murcia se ha realizado un Proyecto de Investigación en el que se han estudiado siete zonas con predominio de costra caliza, ocupando una superficie total de 114 km² (Tudela, 1993), cuyo estudio detallado se viene realizando por uno de los autores y de los que ya se han hecho algunas publicaciones (Tudela et al., 1992a y b; 1993; 1994; y Alias et al., 1993b). Como parte de dicha investigación se ofrece en el presente trabajo el análisis descriptivo y de varianza para los tipos de suelo con costra caliza presentes en las zonas de estudio. Calcisoles pétricos y Kastanosems pétricos, diferenciando su uso: cultivado y bajo vegetación natural. La información obtenida es útil para identificar áreas susceptibles a la degradación, en razón al tipo de suelo y en función de unas determinadas propiedades; estos aspectos permiten mejorar los estudios sobre degradación en ecosistemas mediterráneos y constituye información básica para seleccionar y diseñar medidas de control a la degradación.

PRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

La Provincia de Murcia se incluye en la subregión del Sureste (Font Tullot, 1983), presentando una serie de características propias que la hacen diferente del resto del ámbito mediterráneo, particularidades referidas al relieve compartimentado, clima semiárido, litología predominantemente caliza y una vegetación altamente degradada, se combinan con una larga y continua acción antrópica sobre el medio, ejerciendo una gran influencia en los procesos de degradación.

A partir de la Cartografía Edafológica a escala 1:100000 realizada por Alias et. al., (1986a, b, c, d y 1987 a, b) y por la propia finalidad del trabajo, las siete zonas elegidas, presentan semejantes características climáticas, topográficas y litológicas, con una vegetación natural degradada y sometidas a la acción del hombre, tanto a nivel de actuación regenerativa de la cubierta vegetal, como a nivel de aprovechamiento agrícola. Todas ellas engloban parte o la totalidad de un relieve y su correspondiente piedemonte encostrado. Las zonas son las siguientes (Fig. 1): Sierra del Madroño (zona 1), «El Manzano» (zona 2), Muela de Codoñas (zona 3), Sierra del Algaidón (zona 4), Sierra de Benís (zona 5), Sierra de Cejo Cortado (zona 6) y «La Bermeja» (zona 7).

Para la caracterización del clima se ha trabajado con los datos climáticos de las estaciones meteorológicas de «Doña Inés», «Zarzadilla de Totana», «Cehegín», «El Chopillo», «Cieza, C.H.», «Embalse de La Cierva» y «Abarán». Tras la obtención de diversos índices y parámetros resulta un clima mediterráneo semiárido de invierno fresco, a excepción de las estaciones de «Cehegín» y «Abarán» con un invierno templado y de templado a cálido, respectivamente (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 sitúan 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, la 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. Son muy frecuentes los matorrales, correspondientes a la alianza *Siderition bourgaeanae*, dominados por *Rosmarinus officinalis*, *Cistus sp. pll.*, *Helianthemum sp.pl.* y caracterizados por la presencia de *Thymus funkii* y *Sideritis leucantha subsp. bourgaeanae*. En las áreas rocosas los coscojares se sustituyen por retamares de *Genista spartioides subsp. retamoides*.

En lo referente a los pastizales vivaces más frecuentes aparece la clase *Lygeo-Stipetea* (Rivas-Martínez, 1978), los espartales pertenecientes a la alianza *Stipion tenacissimae* y las formaciones dominadas por *Brachypodium retusum* (alianza *Thero-Brachypodium retusi*).

En el paisaje agrícola y ruderalizado la presencia de malas hierbas es variable dependiendo del manejo y de la estación. Así, los regadíos se ven invadidos por comunidades de las alianzas *Fumarion wirtgeno-agrariae* (Brullo y Marceno, 1985) durante finales del invierno y la primavera, y *Polygono-Chenopodion polyspermi* durante el verano y parte del otoño. En los cultivos de secano y lugares antropizados moderadamente nitrificados aparecen durante la primavera comunidades de la alianza *Hordeion leporini*, excepto si son cultivos cerealistas, en cuyo caso la combinación florística de las malas hierbas que concurren pertenece a la alianza *Secalio cerealis*; en el período estivo-automnal tanto unas como otras son reemplazadas por asociaciones de la alianza *Diploaxion erucoidis*.

METODOLOGÍA

Tras un análisis de los mapas topográficos y geológicos a escala 1:50000, de la cartografía edafológica a escala 1:100000, de la fotografía aérea a escala 1:18000 y los recorridos de campo, se delimitan las superficies correspondientes a las distintas unidades de suelo. Con el fin de sistematizar la toma de muestras de capa arable, tanto en los suelos bajo vegetación natural como en los cultivados, se ha diseñado una malla de puntos para cada zona de estudio según el método parcialmente aleatorio expuesto por Bridges y Davidson (1982), a razón de dos muestras por cada Km² (Tudela, 1993).

También se han tomado perfiles representativos de los distintos tipos de suelos presentes. La clasificación de los suelos se ha realizado siguiendo el Sistema de Fao (1988) y el Sistema Norteamericano de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, Usda, 1990). La metodología analítica es la utilizada en el Proyecto LUCDEME para el levantamiento del Mapa de Suelos (Alfás et al., 1992). Para el cálculo de la clase de productividad se ha seguido el método de Riquier, Bramao y Cornett (1970).

Por último, se realiza un análisis estadístico general por tipos de suelo y de uso, al que siguen los análisis de varianza y contraste de medias de dos grupos con las técnicas

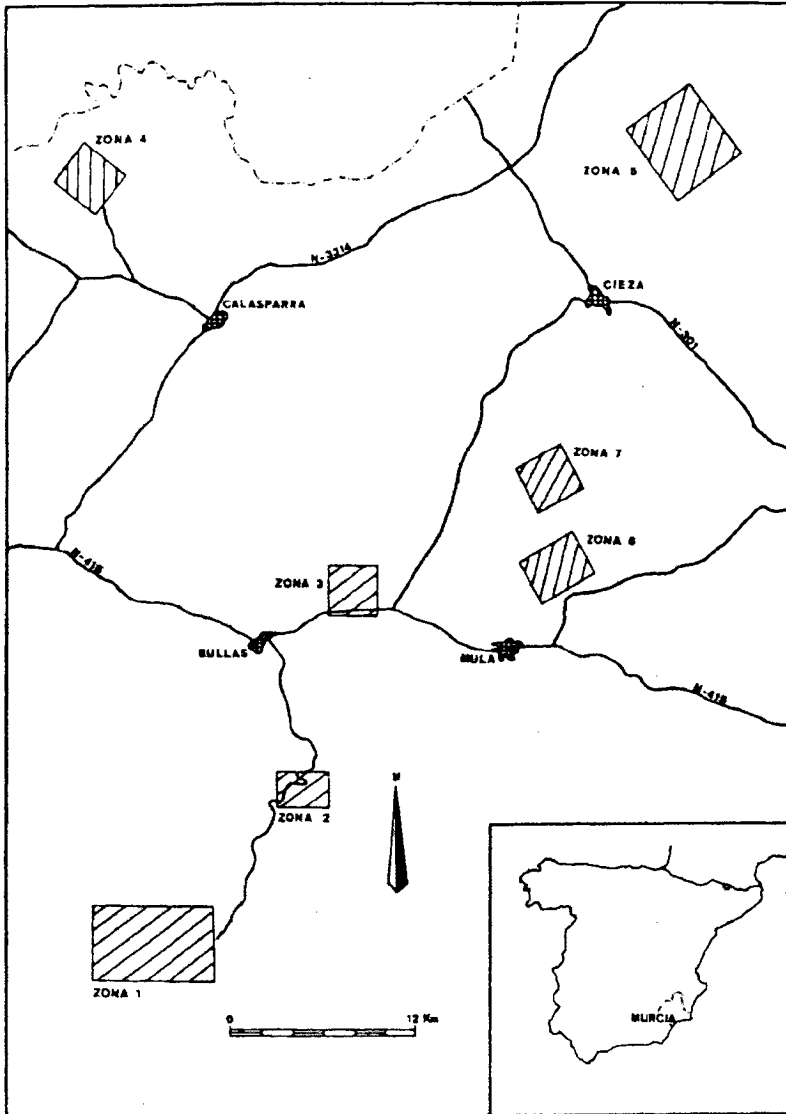


FIG. 1.- Localización de las zonas de estudio

inferenciales que el paquete estadístico Statistix (1986) incorpora en el módulo One, Two & Multi-Sample Tests (Sachs, 1978). El nivel de significación adoptado es el de 0.05. Para el análisis de comparación de dos grupos se ha recurrido al cálculo de los estadísticos T de desigualdad e igualdad de varianzas, que aparecen con sus correspondientes grados de libertad y niveles críticos. En las tablas de este estadístico y a modo

de resumen aparece únicamente la probabilidad de aceptar o no las hipótesis de no diferencia entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 240 muestras de suelo (215 de capa arable y 25 horizontes A de otros tantos perfiles) de que consta el Proyecto de Investigación, anteriormente mencionado, se han escogido para el presente estudio las correspondientes a los suelos con costra caliza, Calcisoles pétricos (85 muestras) y Kastanosems pétricos (27 muestras), cuya distribución por zonas y según tipos de uso (no cultivado, NC, y cultivado, C) aparece en la Tabla 1.

TABLA 1: Distribución por zonas y tipo de uso de los suelos con costra caliza

	CALCISOLES PÉTRICOS			KASTANOSEMS PÉTRICOS		
	TOTAL	NC	C	TOTAL	NC	C
ZONA 1	29	21	8	7	5	2
ZONA 2	7	0	7	5	3	2
ZONA 3	14	0	14	1	0	1
ZONA 4	9	5	4	1	1	0
ZONA 5	15	12	3	12	12	0
ZONA 6	5	4	1	1	1	0
ZONA 7	6	1	5	0	0	0

Análisis Descriptivo

Las variables tomadas en consideración para el estudio estadístico han sido:

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

Como puede observarse en la Tabla 2, las diversas propiedades o variables estudiadas varían considerablemente, según se trate de un tipo de suelo u otro y del uso del mismo, observándose que tienen un contenido en carbonato cálcico equivalente superior al 40%, pH neutro a alcalino y una conductividad eléctrica del extracto de saturación sin valor relevante, inferior a los 2 dS.m⁻¹.

Cabe destacar que los Kastanosems están mejor provistos en materia orgánica que los Calcisoles, siendo más favorables las propiedades que más directamente de ello se relacionan (N, pH y T). Al propio tiempo, contienen menos carbonato cálcico, de tal manera que es previsible se pueda utilizar el valor de alguna de ellas como medida de la degradación del suelo subsiguiente a su puesta en cultivo. A tal respecto, de todas ellas se han escogido siete (ORG, N, ARC, CA, P, K, T) para el análisis de la varianza y contraste de medias, realizándose el test de normalidad de la w de Wilk-Shapiro (Shapiro y Wilk, 1968), siendo necesaria la transformación logarítmica en algunas de las variables seleccionadas:

	ORG	N	ARC	CA	P	K	T
Transfor.	Ln (ORG)	Ln (N)	Ln (ARC)	NO	Ln (P)	NO	NO
W	0.980	0.978	0.943	0.992	0.943	0.958	0.812

TABLA 2

VAR.	Calcisol pétrico	Kastanosem pétrico	VAR.	Calcisol pétrico	Kastanosem pétrico
NO CULTIVADOS			CULTIVADOS		
CA	46.80	37.03	CA	54.28	41.04
PHO	8.063	8.055	PHO	08.17	08.06
PHK	7.384	7.318	PHK	07.39	07.36
CE	0.907	0.064	CE	00.66	00.79
K	23.90	26.02	K	14.04	21.26
NA	9.830	14.51	NA	14.38	15.80
MG	0.066	0.024	MG	00.06	00.01
FE	3.412	2.055	FE	02.05	00.92
CU	1.342	0.082	CU	01.29	00.76
MN	2.602	3.736	MN	03.10	03.24
ZN	0.078	0.067	ZN	00.64	00.58
LF	25.62	26.34	LF	27.97	34.02
LG	17.63	16.34	LG	15.85	16.14
AMF	13.91	13.96	AMF	11.48	09.10
AF	13.39	13.74	AF	09.47	05.76
A	6.921	5.900	A	06.43	05.58
AG	3.853	3.436	AG	04.91	05.22
AMG	2.986	2.814	AMG	03.04	04.32
H	6.581	6.318	H	06.54	07.40
T	16.91	16.27	T	14.46	20.85
PRO	4.837	5.000	PRO	03.71	04.00
N	210.3	263.3	N	142.90	232.0
ORG	3.292	4.580	ORG	02.26	04.48
P	9.388	12.68	P	12.30	16.26
ARC	15.86	17.47	ARC	20.55	19.82

Valores medios de las distintas variables por tipo de suelo y de uso.

Análisis de varianza

Si se consideran las variables que más relacionadas están con la fertilidad del suelo y, consiguientemente, con su capacidad productiva, y se comparan los valores medios en cada tipo de suelo, el resultado (Tabla 3) es que las diferencias son, en general, significativas para la materia orgánica y nitrógeno en los Calcisoles pétricos, entre los cultivados y los no cultivados. El hecho de que estas diferencias no sean significativas en los Kastanosems pétricos puede deberse a que se han puesto en cultivo recientemente, ya que tampoco son significativas las diferencias de las otras variables.

Particularmente interesante es la comparación entre los Calcisoles pétricos no cultivados y cultivados, estadísticamente distintos no solamente en su contenido en materia orgánica, sino también en el de nitrógeno, carbonato cálcico, arcilla y potasio asimilable y no así en el de fósforo, tal vez como consecuencia de la persistencia en el suelo de los fosfatos aplicados como fertilizantes. No existe diferencia significativa en los valores de la capacidad de cambio, posiblemente porque a la par que disminuye el contenido en materia orgánica en los Calcisoles pétricos cultivados aumenta la proporción de arcilla.

Las características macromorfológicas y las condiciones ecológicas de formación de los suelos con horizonte petrocálcico son muy similares y nos sugieren que los Calcisoles pétricos son el resultado de la degradación de los Kastanosems pétricos como consecuencia de la eliminación de la vegetación natural y su puesta en cultivo. Aceptando que los Calcisoles pétricos procedan de la degradación de Kastanosems pétricos y tomando como coeficiente de mineralización de la materia orgánica el valor de 0.7% (Lozet y Mathieu1, 1990), se calcula que la degradación de estos suelos viene operando desde hace al menos 100 años, teniendo en cuenta que el suelo ha recibido algo de materia orgánica en el transcurso del tiempo y que los Kastanosems pétricos actuales se encuentran bajo una vegetación que representa una degradación con respecto a la potencial.

TABLA 3: Valores medios y análisis de varianza en suelos no cultivados (NC) y cultivados (C)
VAR.= Variable; TU= Tipo de uso; P= Probabilidad; S.E.= Significación estadística

VAR.	CALCISOLES PÉTRICOS				KASTANOSEMS PÉTRICOS				
	TU		ANOVA		TU		ANOVA		
	NC	C	P	S.E.	VAR.	NC	C	P	S.E.
ORG	3.292	2.261	0.000	(S.)	ORG	4.580	4.486	0.905	(N.S.)
N	210.3	142.9	0.000	(S.)	N	263.3	232.1	0.548	(N.S.)
CA	46.80	54.28	0.004	(S.)	CA	37.03	41.04	0.543	(N.S.)
ARC	15.86	20.55	0.000	(S.)	ARC	17.47	19.82	0.187	(N.S.)
P	9.388	12.30	0.081	(N.S.)	P	12.68	16.26	0.510	(N.S.)
K	23.90	14.04	0.000	(S.)	K	26.02	21.26	0.447	(N.S.)
T	16.91	14.46	0.181	(N.S.)	T	16.27	20.85	0.260	(N.S.)

CONCLUSIONES

De los resultados expuestos se obtienen las siguientes conclusiones:

- En conjunto, los suelos presentan un humus de tipo mull calizo, tienen un contenido en carbonato cálcico equivalente superior al 40%, pH neutro a alcalino y la conductividad eléctrica del extracto de saturación no presenta valores relevantes, con cifras inferiores a los 2 dS.m⁻¹.

- En los Calcisoles pétricos existen diferencias estadísticamente significativas entre los cultivados y no cultivados en su contenido en materia orgánica, arcilla, carbonato cálcico, pero no así en los macronutrientes NPK, tal vez por influencia de la fertilización y extracción por los cultivos, así como tampoco en la capacidad de cambio.

-Los Calcisoles pétricos pueden ser el resultado de la degradación de los Kastanosems pétricos, que viene operando al menos durante los últimos 100 años, como se desprende de la disminución experimentada por su contenido en materia orgánica.

-La pérdida de materia orgánica lleva consigo una disminución de la fertilidad estructural y un aumento del riesgo de erosión hídrica, al tiempo que los fenómenos de infiltración de agua en el suelo disminuyen.

-Es un proceso generalizado en estos suelos 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, dando como resultado la degradación de la estructura del suelo, pérdida de productividad y consiguiente desertificación progresiva.

-Se hace necesario recomendar las enmiendas orgánicas para el cultivo como medida preventiva de los procesos mencionados anteriormente.

AGRADECIMIENTOS

A la CICYT de quién la Dra. M.L. Tudela ha sido poseedora de una Beca (ref. PN89: 27452055)

BIBLIOGRAFÍA

- ALBALADEJO, J.; ORTIZ, R. y MARTÍNEZ-MENA (1988): «Evaluation and mapping of erosion risks: an example from S.E. Spain» *Soil Technology*, V.1: 77-87
- ALÍAS, L.J.; ORTIZ, R.; HERNÁNDEZ, J.; MARTÍNEZ, J. y LÓPEZ, L. (1986a): «Mapa de suelos E.1:100000 Mula (912)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia*, 130 p.
- (1986b): «Mapa de suelos E.1:100000 Cieza (891)». *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia*, 130 p.
- (1986c): «Mapa de suelos E.1:100000 Jumilla (869)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia*, 130 p.

- (1986d): «Mapa de suelos E.1:100000 Calasparra (890)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia, 130 p.*
- (1987a): «Mapa de suelos E.1:100000 Coy (932)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia, 130 p.*
- (1987b): «Mapa de suelos E.1:100000 Cehegín (911)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,-Universidad de Murcia, 130 p.*
- ALÍAS, L.J.; ORTIZ, R.; SÁNCHEZ, A.; LINARES, P.; MARTÍNEZ, J. y MARÍN, P. (1992): «Mapa de suelos E.1:100000 Totana (954)», *Proyecto LUCDEME. Minist. Agric., Pesca y Alim.,- Universidad de Murcia, 130 P.*
- ALÍAS, L.J.; MARTÍNEZ, J. Y TUDELA, M.L. (1993): «Aplicación del análisis estadístico al estudio de la degradación de suelos calizos en la región de Murcia». *Problemática geoambiental y desarrollo (R. Ortíz Ed.) Murcia, V. 2: 469-478.*
- BARNEY, G.O. (1982): «El mundo en el año 2000. En los albores del siglo XXI. Informe técnico», *Tecnos, S.A., Madrid, 985 p.*
- BENNETT, H.H. (1948): «Soil conservation in a hungry world», *Geographical Review, V. 38, n° 2: 311-317*
- BRIDGES, E.M. Y DAVIDSON, D.A. (1982): «Principes and Applications of soil gcography», *Longman, New York, 297 p.*
- BRULLO, S. Y MARCENO, C. (1985): «Contributo alla conoscenza della vegetazione nitrofila della Sicilia», *Colloques Physociol., V.12: 23-148*
- DUCHAUFOUR, PH. (1984): «Edafología. I, Edafogénesis y clasificación», *Masson, S.A., Barcelona, 493 p.*
- F.A.O. (1977): «Guía para la descripción de perfiles de suelos», *F.A.O., Roma.*
- (1980): «Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos», *F.A.O., París.*
- (1988): «Soil map of the world, revised legend. Worl soil resources report 60», *F.A.O., París*
- F.A.O. y P.N.U.M.A. (1984): «Directrices para el control de la degradación de suelos», *Cuadernos F.A.O., París.*
- FONT TULLOT, J. (1983): «Climatología de España», *Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 296 p.*
- LOZET Y MATHIEU, C. (1990): *Dictionnaire de Science du Sol. Lavoisier. París.*
- ORTIZ, R. (1990): «Mecanismos y procesos de degradación del suelo con especial referencia a las condiciones ambientales mediterráneas». En «*Degradación y regeneración de suelos en condiciones ambientales mediterráneas*» (Albaladejo, Stocking y Díaz, Ed). *Centro Superior de Investigaciones Científicas, Murcia, X-X.*
- RIQUIER, BRAMAO Y CORNETT. (1970): «El sistema de evaluación de la productividad agraria de los suelo de la F.A.O.» En «*Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*» (CEOTMA), *V.3: 197-206*
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1978): «Sur la Syntaxonomie des pelousses therophytiques de l'Europe Occidentale». *Colloques Phytosociologiques, V.VI: 55-71.*
- SACHS, L. (1978). «Estadística aplicada», *Labor, 354 p.*
- SHAPIRO, S.S. Y WILK, M.D. (1968): «Approximations for the mull distribution of the Statistic», *Technometrics, V.10: 861-866.*
- SOIL SURVEY STAFF. (1990): «Keys to soil taxonomy by soil surveys», *USDA, Washington, 422p.*
- STATISTIX (1986). «An interactive statistics program for microcomputer. NH Analytical software, Ms-DOS Version».
- TUDELA, M.L.; MARTÍNEZ, J; NAVARRO, F. Y ALÍAS, L.J. (1992a): «Relación geomorfología-suelos en la Sierra de Benís y Sierra Larga (Murcia)». *Actas III Congreso Nacional de Geología y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca, V.2: 101-104.*
- (1992b): «Unidades geomorfológicas de la Sierra de Cejo Cortado (Murcia) y su tipología de suelos» En *Estudios de geomorfología en España (F. López Bermúdez; C. Conesa García; M.A. Romero Díaz, Edrs). Murcia, V.2: 279-288.*

- TUDELA, M.L. (1993) «Estado actual de la degradación de suelos calizos en varias zonas de la Región de Murcia», *Tesis Doctoral (inédita)*, 328 p.
- TUDELA, M.L.; ALÍAS, L.J.; MARTÍNEZ, J. Y NAVARRO, F. (1993): «Relaciones geomorfología-suelos en la Sierra del Madroño y su piedemonte (Murcia)». *Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Salamanca, V.3: 1192-1200*
- (1994): «Evolución del estado de degradación de los suelos calizos de «Los Bernabeles» a partir del análisis factorial». En *Geomorfología en España (J. Arnáez, J.M. García Ruiz & A. Gomez Villar, Edrs.)*. Logroño, vol 2:353-362.