

RIESGOS DE EROSION DE LOS SUELOS EN EL MACIZO DE SIERRA NEVADA (GRANADA)

M. Sánchez*, G. Delgado*, J. Párraga*, M. Soriano* y R. Delgado*

* Depto. de Edafología y Química Agrícola. Univ. de Granada. España

INTRODUCCION

Los riesgos de desertificación que amenazan a gran parte de Andalucía se ilustran con los datos que recoge el MOPU (1.989), citando fuentes del ICONA, que estiman una pérdida media de capa fértil de suelo de 45 toneladas por hectárea y año para la cuenca del Guadalquivir, con un máximo para las áreas cultivadas de más de 200 millones de toneladas anuales.

Sierra Nevada es un macizo montañoso situado en Andalucía Oriental, al SE de la provincia de Granada, con unos patrones medioambientales de marcada mediterraneidad. La importancia florística y paisajística del mismo así como el elevado número de endemismos que conserva (Molero y Pérez, 1.987), hace de Sierra Nevada un ecosistema de incalculables valores naturales, declarada Parque Natural por la ley 2/1.989.

Las características biofísicas del macizo le hacen especialmente proclive a la erosión. La altitud del sector considerado está comprendida entre 460 m. y 3.482 m. y las pendientes dominantes superan el 30%. La vegetación está representada por matorral-pastizal, coníferas de repoblación, cultivos y frondosas (MAPA, 1.986). El sustrato geológico pertenece a materiales de los Complejos Nevadofilábride y Alpujárride (Fontboté y Vera, 1.983). Los regímenes térmicos y hídricos tienen oscilaciones estacionales, habiéndose establecido diferentes grupos climáticos (Sánchez, 1.987a) pertenecientes al Mediterráneo que define Papadakis (1.980).

Los suelos del área, mayoritariamente representados por Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles (Sánchez, 1.987b; Delgado et al., 1.988) presentan un escaso desarrollo y evolución a consecuencia del bajo grado de alteración supergénica. No obstante, los suelos más representativos de Sierra Nevada y que pueden considerarse como clímax, fueron ya citados por Kubierna (1.953) como suelos fértiles y aprovechables para el cultivo, refiriéndose a los Rankers mulliformes alpinos y a las Tierras pardas eutróficas y oligotróficas.

Las condiciones climáticas dificultan la rápida transformación y maduración de los restos orgánicos y potencian los procesos de meteorización física de las rocas, frente a la meteorización química que sólo permite modificaciones de materia indiscernibles (Delgado et al., 1.981 y Barahona et al., 1.982). Por otro lado, las fuertes pendientes y el elevado índice pluviométrico aceleran la destrucción del horizonte Ah, cuando se suprime o altera la capa vegetal que lo cubre. Una vez provocado el desequilibrio ecológico, el ritmo de la edafogénesis, con 0,05 cm. de suelo formado por año (Barahona et al., 1.986), es fácilmente superado por el grado de degradación (FAO, 1.980), cuya vía principal en áreas de montaña mediterránea es la erosión hídrica y eólica.

Puesto que Sierra Nevada, por su especial situación, constituye una barrera al avance de la desertificación del Sureste de España y considerando al suelo como una de las claves del ecosistema, en este trabajo se abordará la susceptibilidad a la erosión de los suelos del sector, bajo la óptica de su potencialidad empírica, examinada a partir de las características macromorfológicas y analíticas que exhiben dichos suelos, así como un análisis de las consecuencias erosivas sobre los constituyentes y propiedades de los suelos del área estudiada.

MATERIAL Y METODOS

Las estimaciones sobre la erosión hídrica y eólica de los suelos del área se asientan sobre 35 perfiles y 107 sondeos, descritos y analizados por Sánchez (1.992). A partir de ellos se definieron 31

Unidades Básicas de Suelos y 4 Unidades Misceláneas de Tierras. La tabla nº 1 recoge los parámetros de las diferentes unidades cartográficas de suelos que más influencia tienen en el proceso erosivo, y sobre los que se realizan los cálculos pertinentes que requieren las ecuaciones y algoritmos matemáticos. No se analizan las Unidades Misceláneas al ser consideradas tierras de bajo porcentaje de ocupación por suelo (< 5%).

Para la estimación de la erodibilidad eólica de los suelos se utilizarán los criterios de Quirantes (1.989, 1.991), según la ponderación de ciertos parámetros edáficos influyentes en la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados por el viento.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) de Wischmeier & Smith (1.962, 1.978) se ha utilizado para el cálculo de la pérdida previsible de suelo en Tm/ha/año, según las condiciones actuales ponderadas a partir de los parámetros R, K, LS, C y P. Como indica González (1.991), con este modelo se evalúan las tasas de erosión debidos a procesos superficiales (erosión laminar y en regueros), dando a las estimaciones efectuadas no tanto un valor absoluto por las cifras que suministran, sino un valor relativo, en órdenes de magnitud, cuantificando la influencia de los factores naturales más limitantes en cada caso y la localización de las zonas o superficies más críticas. Para el establecimiento de estos factores se han seguido los criterios de Wischmeier & Smith (1.978), ICONA (1.982), AMA (1.987), ICONA (1.988) y Mintegui (1.990), aplicados a los valores medios de las características de las Unidades Cartográficas de Suelos (Sánchez, 1.992). El factor P se ha estimado según el porcentaje de abancalamiento de la unidad.

Por último, con objeto de ilustrar la magnitud del proceso erosivo y los riesgos que conlleva de pérdida de la capacidad productiva de los suelos más característicos de Sierra Nevada, se han realizado un conjunto de cálculos que recogen las pérdidas de materiales producidos, bajo la hipótesis del desmantelamiento del horizonte Ah de los Umbrepts de la vertiente Norte, en caso de eliminar la vegetación protectora actual. Para ello se ha considerado una extensión de 80 Km², una pendiente media del 40% y densidades aparentes de 2,4 gr/cc para la grava y 1,1 gr/cc para la tierra fina, según los datos de Sánchez et al. (1.987) y Delgado (1.980).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la erodibilidad eólica (I) de los suelos del área se muestran en la tabla nº 2. De su observación se desprende que los suelos no son especialmente proclives a ser erosionados por el viento. Los apreciables contenidos en materia orgánica y los bajos porcentajes de limo contribuyen a proteger los suelos. Por contra, los bajos contenidos de arcilla (< 20%) y de fósforo (< 10 mgr/100gr), así como la escasa retención de agua por el suelo (< 12%) son caracteres favorecedores de la erosión eólica. El escaso control cartográfico del contenido en P₂O₅ y en CO₃⁻² de los suelos es responsable de que una misma unidad cartográfica tenga suelos con diferente clase de erodibilidad.

La clase de erodibilidad más frecuente en el área nevadofilábride es la débil, correspondiendo en su mayoría a Umbrepts, Xerolls y Ocrepts. Los Xerorthents, Criorthents y Criochrepts presentan un mayor riesgo, ya que los valores correspondientes a la materia orgánica (< 0,8%), P₂O₅ (< 10mgr /100gr), arcilla (< 20%) y H1.500KPa (< 6%) se muestran extremadamente desfavorables. No obstante, el grado de erodibilidad es calificado de moderado en el peor de los casos. Los suelos con alto porcentaje de carbonato (> 40%) tienen una mayor susceptibilidad eólica, habiéndose obtenido la clase "alta" para los Xerorthents del sector del Trevenque.

Estos resultados no se corresponden con la "aparente" intensa acción eólica que se aprecia en el campo, por lo que previsiblemente la fuerza del viento supla la escasa erodibilidad o quizás el método de cálculo debería contemplar para este área otros parámetros tales como la estructura del horizonte Ah, ya que por ejemplo los Umbrepts, ricos en materia orgánica, disponen de una estructura

migajosa que crea partículas de escasa agregación y baja densidad, muy erosionables por el viento.

La tabla nº 3 muestra los riegos de erosión hídrica con los valores estimados para cada parámetro que interviene en la USLE. Se han definido dos valores del índice pluviométrico (R) según los suelos se sitúen en la vertiente Norte (120 J·cm/m²·hora) o Sur (100 J·cm/m²·hora). Con esta uniformidad de la agresividad climática zonal, la erosión del suelo dependerá de las características del suelo y de su grado de protección.

La mayor pérdida previsible de suelo corresponde a Xerorthents, Criorthents y Criochepts, debido a su alto valor de los factores topográfico (LS) y cubierta vegetal (C). También son especialmente sensibles a la erosión las unidades con suelos Ochrepts, dedicados a cultivos ocasionales y sin la protección que proporciona el arpastamiento de las superficies.

Los Umbrepts y Xerolls bajo frondosas o matorral de piornos y enebros, así como los Xerorthents cultivados en bancales de la Alpujarra, son los suelos que muestran los riesgos erosivos más bajos, en general por debajo de 25 Tm/ha/año. Esta gradación de riesgo obtenida por el método USLE coincide con las observaciones de campo, identificándose los grados de erosión Alto - Medio - Bajo, con la secuencia Orthents - Ochrepts - Umbrepts-Xerolls.

La erosión afecta principalmente a los horizontes orgánico-minerales, en los que se encuentran condiciones físicas, químicas y biológicas idóneas para el desarrollo vegetal. Sus consecuencias ocasionan importantes movimientos de material y empobrece al suelo en la fase coloidal orgánica, fuente del resto de propiedades determinantes de la fertilidad, al ser suelos de escasa evolución.

Para ilustrar las pérdidas ocasionadas con la desaparición de los horizontes Ah, se ha construido la tabla nº 4 en la que figuran algunas características medias del horizonte Ah de los Umbrepts y las pérdidas probables en caso de su desmantelamiento. Los materiales puestos en movimiento pueden alcanzar las 33·10⁶ toneladas, con el consiguiente menoscabo de la capacidad productiva y riesgo de encenagamiento de embalses y suelos fértiles de las vegas. Además, es interesante destacar la pérdida de 1.800 millones de litros de agua útil, lo que disminuiría la reserva media de los suelos en 20 mm. sobre un total de 55 mm. actuales, con el consiguiente incremento del período de sequía y de la escorrentía superficial.

CONCLUSIONES

La susceptibilidad a la erosión de los suelos del macizo de Sierra Nevada varía según su asignación taxonómica, debido a su relación con el contenido en materia orgánica, textura y estructura del horizonte superficial. En este sentido puede considerarse una erodibilidad hídrica $K < 0,20$ para Xerolls y Umbrepts, entre 0,20 y 0,33 para Ochrepts y $> 0,33$ para Orthents. Asimismo se considera una erodibilidad eólica $I < 10$ para Xerolls y Umbrepts, y > 10 para Ochrepts y Orthents. No obstante el valor del índice de erodibilidad eólica (I) puede variar debido al contenido de P₂O₅ y CO₃²⁻ que no tienen un control taxonómico.

Se ha demostrado una relación indirecta entre susceptibilidad a la erosión y pérdida previsible de materiales, aunque los factores que más influyen en la estimación de pérdida de materiales por la erosión hídrica en la zona de estudio, con constantes climáticas homogéneas, son en primer lugar la pendiente y longitud de la ladera y en segundo término las características de la cubierta vegetal y las prácticas de conservación de suelos.

El desmantelamiento de los horizontes Ah supone un menoscabo en la capacidad productiva de los suelos clímax de Sierra Nevada, viéndose afectados por la pérdida de la fase coloidal orgánica y una disminución de la reserva media en 20 mm., con un alto riesgo de avance de la desertificación en el Sureste español.

Tabla n.º 1. Parámetros influyentes en el grado de erosión de las Unidades de Suelos.

UNIDADES CARTOGRAFICAS				PARAMETROS DEL HORIZONTE A DEL SUELO							
Unid	Veg	Pen	Ab	M.O	P	CO ₂ ^a	Limo	Arc	Hum	Est	
H-XE	M	20-70	0	2-5	< 10	0	30-35	8-12	5-10	mfm	
X-XE	C	25-45	80	4-7	20-60	0	28-32	10-15	8-12	bmsd	
XE-XU	MyC	15-40	20	2-5	10-50	0	15-20	6-9	4-8	bfd	
XE-H	MyC	15-40	20	2-5	50-100	0	18-22	8-10	5-10	bfd	
XU	MyP	20-45	0	4-10	10-45	0	20-30	8-12	8-12	mfd	
CU	MyP	20-40	0	6-12	10-350	0	23-30	8-10	6-10	mfd	
HU	F	20-45	0	6-12	10-50	0	30-35	10-20	8-12	mmd	
XU-X	F	40-70	0	4-8	10-350	0	25-35	8-12	10-15	mfd	
XU	MyP	35-65	0	3-4	10-50	0	30-45	8-12	6-10	bmm	
CU	MyP	20-55	0	4-8	10-40	0	30-35	6-9	8-14	mfd	
X	Pa	45-70	0	< 2	< 30	0	20-30	6-9	4-8	lfd	
CO	Pa	45-70	0	< 1	< 10	0	20-30	6-9	< 5	bmsmd	
CO-CP	Pa	20-55	0	< 2	10-20	0	20-30	6-9	4-8	gfmd	
A	Pa	10-45	0	> 10	10-20	0	30-35	8-12	> 10	lfd	
F	Ri	3-15	0	Aluviones muy variables							
X	MyP	40-60	0	1-5	20-40	45-90	30-45	2-6	< 5	lfmsd	
XE	MyC	20-30	50	3-4	10-50	40-80	25-35	8-12	5-10	bmsd	
X-XE	MyC	20-40	50	1-4	50-180	0-15	25-30	2-6	< 6	bmsd	
C-XE	MyP	45-75	0	3-7	10-250	40-70	30-35	10-20	5-10	mfm	
H-XE	MyP	20-40	0	2-5	30-350	45-70	40-55	15-25	15-20	lfd	
XE	C	10-20	0	3-5	20-80	30-65	40-55	15-25	15-20	lfd	
XE-X	MyC	25-40	50	1-3	20-60	15-50	40-50	10-20	10-15	bmsd	
X-XE	MyC	30-70	50	1-3	20-60	15-50	30-35	10-20	5-10	bmsmd	
XE	M	35-70	0	1-4	20-80	15-50	40-55	15-25	15-20	lfd	
H	MyP	20-45	0	4-8	10-100	30-60	50-60	10-20	10-15	mfm	
XE-X	MyP	20-60	0	3-6	20-50	0	20-35	8-12	5-10	bmsd	
X	M	30-50	0	2-4	20-50	45-70	30-40	5-10	4-8	gfd	
H	F	20-40	0	4-8	10-100	< 30	50-60	10-25	10-15	mfm	
X-XE	C	10-20	50	3-6	20-200	< 50	40-55	10-15	10-15	lfd	
X-H	MyP	35-65	0	3-6	20-40	40-60	45-55	10-15	10-15	mfm	
H-XE	MyP	25-45	0	4-8	30-50	30-60	50-60	10-20	15-20	mfm	

Um: Unidad de suelos. A-Aques. F-Fluvent. X-Xerorthent. CO-Criorthent. XE-Xerochrept. CP-Criochrept. XU-Xerumbrept. CU-Criumbrept. HU-Haplumbrept. H-Haplosteroll. C-Calciixeroll. Veg: Vegetación. M-Matorral. C-Cultivos. P-Pumar. F-Frondosa. Pa-Pastizal. Ri-Ripícola. Pen: Pendiente (%). Ab: Abancalamiento (%). M.O.: Materia orgánica (%). P: Fósforo (mg/kg). CO₂^a: Carbonato (%). Limo (%). Arc: Arcilla (%). Hum: Humedad a 1500 KPa (%). Est: Estructura. mfm-miagrosa fina moderada, mfd-miagrosa fina débil, mmd-miagrosa mediana débil, bmsd: bloques mediana débil, bfd: bloques fina débil, bmm-bloques mediana moderada, bmsmd-bloques mediana muy débil, lfd-laminar fina débil, lfmsd-laminar fina muy débil, gfmd-granular fina muy débil, gfd-granular fina débil.

Tabla n.º 2. Clases de erodibilidad eólica en suelos del área

PERFIL	U.C.S	INDICES							CLASE
		M.O.	P ₂ O ₅	CO ₂ ^b	Limo	Arcilla	H15at.	I	
1	XU-X	0	2	1	0	3	2	8	Débil
2	H-XE	0	3	1	0	3	2	9	Débil
3	XE-H	0	1	1	0	3	2	7	Muy débil
4	XU-X	0	0	1	0	3	1	5	Muy débil
5	CU	0	3	1	0	3	1	8	Débil
6	X	1	3	1	0	3	3	1	Moderada
7	CO-CP	2	3	1	0	3	3	12	Moderada
8	CO-CP	2	3	1	0	3	3	12	Moderada
9	HU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
10	X	0	3	1	1	3	2	10	Débil
11	XU	0	3	1	0	3	2	9	Débil

U.C.S: Unidad cartográfica de suelos. A-Aques. F-Fluvent. X-Xerorthent. CO-Criorthent. XE-Xerochrept. CP-Criochrept. XU-Xerumbrept. CU-Criumbrept. HU-Haplumbrept. H-Haplosteroll. C-Calciixeroll. Indica y clase de erodibilidad estimadas según el método de Quinstra (1999).

Tabla n° 2. Clases de erodibilidad edáfica en suelos del área (continuación).

PERFIL	U.C.S	INDICES							CLASE
		M.O.	P ₂ O ₅	CO ₂ ⁺	Lámo	Arcilla	H15at.	I	
12	H-XE	0	0	1	1	2	1	5	Muy débil
13	X	0	3	4	1	3	3	14	Alta
14	H-XE	0	0	2	1	2	2	7	Muy débil
15	CU	0	3	1	0	3	3	10	Débil
16	XU	0	3	1	1	3	2	10	Débil
17	CU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
18	CO	3	3	1	0	3	3	13	Moderada
19	CU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
20	XE-X	1	3	1	0	3	2	10	Débil
21	CU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
22	CO-CP	2	3	1	0	3	3	12	Moderada
23	CU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
24	CU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
25	X-XE	2	0	1	0	3	3	9	Débil
26	X-XE	3	2	2	0	3	3	13	Moderada
27	C-XE	0	0	4	1	3	3	11	Moderada
28	H	0	2	3	1	3	3	12	Moderada
29	HU	0	3	1	0	3	2	9	Débil
30	X-XE	0	2	1	0	3	2	8	Débil
31	H-XE	0	3	4	1	2	3	13	Moderada
32	CU	0	0	1	0	3	2	6	Muy débil
33	CU	0	0	1	0	3	2	6	Muy débil
34	CU	0	0	1	0	3	2	6	Muy débil
35	CU	0	2	1	0	3	2	8	Débil

UCS: Unidad cartográfica de suelos. A-Aquect, F-Fluvent, X-Xerorthent, CO-Criorthent, XE-Xerochrept, CP-Criochrept, XU-Xerumbrept, CU-Criumbrept, HU-Hapumbrept, H-Haploxerol, C-Calcixerol. Indices y clases de erodibilidad estimadas según el método de Quirantes (1.989).

Tabla n° 3. Valoración de los parámetros USLE en las unidades cartográficas de suelo

						R=100	R=120							R=100	R=120
UCS	K	LS	C	P		A	A	UCS	K	LS	C	P		A	A
H-XE	0,20	11,0	0,10	-		22	26	X	0,33	16,0	0,10	-		52	63
X-XE	0,22	10,7	0,15	0,2		7	8	XE	0,35	6,7	0,30	0,5		35	42
XE-XU	0,20	8,5	0,25	0,8		34	41	X-XE	0,35	10,7	0,25	0,5		46	56
XE-H	0,23	8,5	0,25	0,8		39	47	C-XE	0,25	18,5	0,05	-		23	27
XU	0,12	10,7	0,08	-		10	12	H-XE	0,28	10,7	0,12	-		35	43
CU	0,12	10,7	0,08	-		10	12	XE	0,28	2,4	0,25	-		16	20
HU	0,12	10,7	0,02	-		2	3	XE-X	0,35	10,9	0,30	0,5		57	68
XU-X	0,17	18,0	0,08	-		24	29	X-XE	0,35	17,7	0,20	0,5		62	74
XU	0,12	15,8	0,08	-		15	18	XE	0,35	18,0	0,15	-		94	113
CU	0,12	13,5	0,08	-		13	15	H	0,28	10,7	0,03	-		9	10
X	0,35	18,0	0,20	-		126	151	XE-X	0,28	11,7	0,12	-		39	47
CO	0,45	18,0	0,20	-		162	194	X	0,30	12,0	0,20	-		72	86
CO-CP	0,34	11,7	0,20	-		79	95	H	0,18	10,7	0,05	-		9	11
A	0,17	7,5	0,15	-		19	23	X-XE	0,35	2,4	0,10	0,5		4	5
F	0,30	2,0	0,15	-		9	10	XE-H	0,28	16,7	0,08	-		37	44
								H-XE	0,22	11,0	0,05	-		12	14

UCS: Unidad cartográfica de suelos. A-Aquect, F-Fluvent, X-Xerorthent, CO-Criorthent, XE-Xerochrept, CP-Criochrept, XU-Xerumbrept, CU-Criumbrept, HU-Hapumbrept, H-Haploxerol, C-Calcixerol. A, R, K, LS, C, P: Parámetros de la U.S.L.E.

Tabla nº 4 Características medias del horizonte Ah de los Umbrepts y pérdidas probables por erosión hídrica.

CARACTERÍSTICA	MEDIA	PERDIDA
Espesor del Ah	24,4 cm	24,4 cm
Fracción < 0,05 mm	40,8 %	6.840.000 Tm
Fracción > 0,05 mm	59,2 %	9.900.000 Tm
Grava	49,0 %	16.074.720 Tm
Carbono orgánico	3,3 %	550.000 Tm
Nitrógeno	0,18 %	29.700 Tm
Fósforo	1,1 mgr/100 gr	182.970 Kg
Potasio	9,9 mgr/100 gr	1.660.400 Kg
Suma de Bases	5,5 meq/100 gr	914.940.000 Eq
C.E.C.	14,6 meq/100 gr	2.447.746.000 Eq
Apun. del	0,83 mm/cm	1.827.000.000 mm

BIBLIOGRAFIA

- A. M. A. (1.987). Evaluación Ecológica de Recursos Naturales de Andalucía. Memoria y Mapas E. 1:400.000. Agencia de Medio Ambiente. J. de Andalucía.
- BARAHONA, E.; DELGADO, R. y LINARES, J. (1.982). Estudio de las características del sistema edáfico de Sierra Nevada mediante análisis factorial. An. Edaf. y Agrobiol., XLI, 3-4, 427 - 446.
- BARAHONA, E.; DELGADO, R. y LINARES, J. (1.986). Kaolinite formation and soil forming rate. En Proceedings "Geochemistry and mineral formation in the earth surface". Rodríguez Clemente, R. and Tardy (Edit). CSIC, CMRS, Madrid. 523 - 534.
- DELGADO, R. (1.980). Edafología y geoquímica de las alteraciones superficiales en la cuenca alta del río Dñar. T. D. U. de Granada. 668 pag.
- DELGADO, R.; BARAHONA, E.; HUERTAS, F. y LINARES, J. (1.981). Cuantificación de la meteorización química de una cuenca de Sierra Nevada. Est. Geol. 37, 329-335.
- DELGADO, R.; DELGADO, G.; PARRAGA, J.; GAMIZ, E; SANCHEZ, M.; TENORIO, M. (1.988). Mapa de suelos, escala 1:100.000 de la Hoja de Güejar Sierra, nº 1.027. Proyecto Lucdeme. ICONA. MAPA. 110 pag. 1 plano.
- F.A.O. (1.980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos. 86 pag. FAO-PNUMA. Roma.
- FONTBOTE, J.M. y VERA, J.A. (1.983). La Cordillera Bética. Geología de España. Libro Jubilar J.M. Ríos. IGME, 205-218.
- GONZALEZ, M. (1.991). La ecuación Universal de pérdidas de suelo. Pasado, presente y futuro. Ecología, nº 5, 13 - 50.
- ICONA. (1.982). Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación. Monog. 26. ICONA.
- ICONA. (1.988). Agresividad de la lluvia en España. 39 pag. 7 mapas. MAPA-ICONA. Madrid.
- KUBIENA, W.L. (1.953). Claves sistemáticas de suelos. CSIC. Madrid. 382 pag.
- MAPA. (1.986). Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Granada, 1:200.000, 161 pag, 1 plano. MAPA y Junta de Andalucía. Madrid.
- MINTEGUI, J.A. (1.990). Torrencialidad y escorrentía en la conservación de suelos. C. Int. "Evaluación y Conservación de suelos". C.I.D.A. Granada.
- MOLERO, J. y PEREZ, F. (1.987). La flora de Sierra Nevada. Avance sobre el catálogo florístico nevadense. Serv. Publ. Univ. Granada, 397 pag.
- MOPU (1.989). Medio ambiente en España. Monografías del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 699pag. Madrid.
- PAPADAKIS, J. (1.980). El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, Ex-colonias y sus potencialidades agropecuarias. Ed. Albatros. Madrid.
- QUIRANTES, J. (1.989). Aproximación cualitativa y cuantitativa de los fenómenos de erosión cólica en el SE español. Proyecto LUCDEME V. Monograf. 51. ICONA. Minist. de Agricul. Madrid.
- QUIRANTES, J. (1.991). Método para el estudio de la erosión cólica. Soc. Esp. de Geomorf. Ed. Geoderma. 26 pag.
- SANCHEZ, M.; DELGADO, R. y DELGADO, G. (1.987a). Caracterización agroclimática de un área de la alta montaña mediterránea (Sector NW de Sierra Nevada. Granada). Bol. de la Est. Cen. de Ecol., V. 16, nº 31, 43 - 62.
- SANCHEZ, M.; DELGADO, G. y DELGADO, R. (1.987b). Distribución de los suelos del sector noroccidental de Sierra Nevada. Granada. Ars. Pharmaceutica, XXVIII, nº 4.
- SANCHEZ, M. (1.992). Los suelos del macizo de Sierra Nevada. Evaluación de su capacidad de uso. Tesis doctoral, Univ. de Granada. 974pag.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1.962): Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. Int. Assoc. Scient. Hydrol. Pub., 59, 148-159.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1.978). Predicting rainfall erosion losses. Handbook nº 537. USDA. 58 pag.