

**EL
CUATERNARIO
EN
ANDALUCIA OCCIDENTAL**

*Editores:
F. Díaz del Olmo y J. Rodríguez Vidal*



AEQUA Monografías, 1,171-187

1989

I.S.B.N.: 84-600-7270-3

LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN ANDALUCÍA OCCIDENTAL

Moreira, J. M.

Servicio de Evaluación de Recursos Naturales, Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía

RESUMEN

La erosión hídrica ocurrida durante el Cuaternario pasado en Andalucía occidental, parece presentar unos matices de torrencialidad que queda atestiguada por los depósitos sedimentarios existentes tanto en el calibre de sus materiales, como en la acelerada morfogénesis, dominante sobre los procesos de edafogénesis. Sin embargo, las condiciones ambientales actuales hacen que en una gran parte de la región predomine la generación de suelos, sobre los procesos de erosión.

Un análisis de cada uno de los factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica laminar y en regueros, predominante hoy en día, permitirá comprender la situación actual frente a este tipo de erosión. Por otra parte, de la comparación de las cifras de pérdidas de suelos en la actualidad, con la tolerancia a dichas pérdidas que los mismos ofrecen, se deduce la existencia de fuertes disfuncionalidades en algunas unidades fisiográficas, motivadas por una fuerte alteración de la cubierta vegetal natural por el hombre. De esta forma, a la escala de tiempo geológico, Andalucía occidental aparece bajo un ciclo estable con predominio de edafogénesis sobre morfogénesis, pero a la escala de tiempo humano, existe un proceso de aceleración de la erosión hídrica que provoca graves disfuncionalidades en numerosos lugares.

Palabras claves: Cuaternario, Erosión hídrica, Erosividad, Erodibilidad, Riesgo de erosión, Erosión actual, Tolerancia a pérdidas de suelo.

ABSTRACT:

The hydric erosion happened during the last Quaternary in Western Andalusia, seems to present some nuances of torrential rain which is testified by the sedimentary deposits that exist, as much in the calibre of their materials, as in the accelerated denudation, ruling over the process of soil formation. However, the currently environmental conditions do that in a great part of the region, predominate the soils generation over the erosion proceso.

The analysis of each one of the factors involved in the process of sheet and rill erosion, predominating nowadays, wil let to understand the current situation against this kind of erosion. On the other hand, comparing the present figures of soil loss, with the tolerance to those losses that they offer, it deduce the existence of extreme functionless in some physiographic units, caused by a strong change of the natural vegetal cover, did by man. In that way, to the scale of geologic time, Western Andalusia appears under a regular cycle whit the predominance of soil formation over land form development, but to the scale of human time, there is an acceleration process of the hydric erosion, which produce serious functionless in several places.

KEY WORDS:

Quaternary, Hidric erosion, Erosivity, Erodibility, Risk of erosion, Current erosion, Tolerance to the soil loss.

INTRODUCCIÓN: EROSIÓN PASADA Y EROSIÓN ACTUAL

La erosión constituye un proceso geológico natural esencial para comprender la morfología terrestre que se deriva del ciclo erosión, transporte y sedimentación, generado a su vez, por factores atmosféricos y por la gravedad. La erosión, como fenómeno que transforma superficialmente la morfología terrestre, condicionando su formación y destrucción, se ha producido a lo largo de toda la historia de la Tierra, pero, incluso de su pasado más reciente, sólo se conocen pequeños hitos, derivados bien del estudio del tipo de materiales sedimentarios depositados en secuencias diversas, bien de la desaparición de los mismos, lo cual hace suponer situaciones de fuerte erosión.

En este sentido, cualquier intento de conocer los procesos erosivos desarrollados en un tiempo pasado, sólo pueden partir de una reconstrucción obtenida del análisis del tipo de sedimentos y de su potencia estratigráfica. Sin embargo, aunque esta vía se pudiese llevar a cabo, únicamente explicaría situaciones relativamente locales, siendo difícil conocer lo sucedido en amplios territorios.

De la observación de los materiales constitutivos de las terrazas puede derivarse, una paulatina aminoración de la agresividad del clima con respecto a la erosión. Así de las plataformas pliocuaternarias del Guadalquivir, constituidas por grandes cantos gravas, y arenas, cuya movilización precisaría una fuerte energía de transporte, se pasa a numerosos niveles de terrazas (DÍAZ DEL OLMO, 1987) que se ajustan a una morfogénesis erosivo-acumulativa, constante desde el Pleistoceno Inferior hasta la actualidad, pero con materiales de un calibre inferior (gravas, arenas, limos y arcillas), que hacen pensar en una menor agresividad climática.

Ya en tiempos holocenos los materiales depositados por la red hidrográfica en el litoral son removilizados por una potente deriva, similar a la actual, que permite la creación de sistemas dunares (dunas fósiles de Matalascañas-Holoceno Inferior), las cuales van cerrando las desembocaduras aluviales o son arrasadas por erosión eólica en períodos de clima más seco (manto eólico).

Las condiciones actuantes a partir de este momento serían similares a las presentes, acentuándose, en época histórica, la erosión de suelos en las cuencas fluviales, por la intervención del hombre sobre la cubierta vegetal natural. De esta forma, el relleno de las marismas de los principales ríos y el aumento de sedimentos finos en las llanuras de inundación conoce una intensificación que llega hasta nuestros días, acorde con la degradación por erosión, de los perfiles edáficos, de la mayor parte de las unidades morfológicas existentes.

No obstante, una descripción como la hasta aquí efectuada, presenta evidentes problemas relativos al conocimiento de la erosión existente en épocas pasadas, ya que las series estratigráficas cuaternarias aparecen muy fragmentadas y su localización espacial es tan restringida que no permite conocer lo ocurrido sobre la morfología de otras formaciones más antiguas, donde no existen materiales sedimentarios.

Es evidente la existencia de períodos de estabilidad (Holoceno) que permitirían un desarrollo edafológico que, a veces, alcanza en palabras de DUCHAUFOR (1984) ciclos largos (TORRENT, *et al.* 1980). Sin embargo y, a pesar de la existencia episódica de suelos muy desarrollados, es general, en la región, el escaso desarrollo genético de los perfiles edáficos, de modo que litosoles y entisoles abarcan en la actualidad más de un 40% de la superficie de las tierras de Andalucía Occidental (DE LA ROSA, D. y MOREIRA, J. M., 1987).

Podría pensarse como hipótesis inicial que, para Andalucía Occidental, las condiciones pasadas hacen entrever una mayor inestabilidad, por erosión mecánica, hídrica, eólica y periglaciaria, que la situación existente hoy día. Se puede pensar, así, en que la región se encuentra en la actualidad, en un período de estabilidad erosiva, a la escala de un marco de tiempo geológico general. A pesar de ello, y dentro del marco de tiempo histórico se puede hablar de una situación de inestabilidad erosiva, ya que la acción antrópica está provocando, fundamentalmente, pérdidas de suelos por una aceleración en las posibilidades de acción de los principales factores que condicionan la erosión.

El hecho de que sea tremendamente difícil el análisis de los procesos de erosión en el pasado, y mucho más aún su cuantificación, hace preciso restringirse al estudio de la erosión en los momentos actuales, lo cual, como veremos, tampoco constituye una tarea fácil. Por otra parte, puesto que desde época histórica, los procesos de erosión dominantes espacialmente pueden vincularse al concepto pérdidas

de suelos por erosión laminar y en regueros, será a éste al que se dedicarán las páginas que siguen, obviando otros tipos de erosión, igualmente presentes en la región (erosión en cárcavas, eólica, movimientos en masa,...) pero cuya importancia superficial es muy inferior, si no puntual.

Evidentemente, para conocer el balance erosivo total de la región será preciso añadir a la erosión laminar y en regueros, toda aquella derivada de la erosión en los cauces de la red fluvial, así como la derivada de los procesos comentados más arriba. No obstante, los procesos que aquí analizaremos son constantes y progresivos siendo, a pesar de su poca espectacularidad, los más peligrosos.

ANTECEDENTES

El conocimiento de la erosión en Andalucía occidental presenta, como problema esencial, la inexistencia de medidas reales de la cantidad de material erosionado sobre parcelas experimentales que permitiesen calibrar la influencia de todos aquellos factores que intervienen en la erosión. A pesar de la existencia de modelos de evaluación denominados "universales", como la U.S.L.E. (Universal Soil Loss Equation, WISCHMEIER, 1958), éstos han sido desarrollados en condiciones ambientales muy diferentes, lo que haría necesaria una experimentación sobre el terreno para calibrar la bondad de su aplicación a una región de clima mediterráneo. Hay numerosos autores que advierten sobre las disparidades que surgen al aplicar estas ecuaciones de evaluación a condiciones ambientales diferentes a las utilizadas para definirla (HUDSON, 1982). A pesar de ello, el empleo de una ecuación como la U.S.L.E. resulta más adecuado para conocer los problemas ligados a la cantidad de suelo perdido por erosión laminar y en regueros que cualquiera otras ecuaciones de índole eminentemente más cualitativas y genéricas, como la de FOURNIER (1962). Diversas modificaciones de la U.S.L.E. han permitido emplear dicha ecuación (M.U.S.L.E.) contemplando la erosión en los cauces fluviales (WILLIAMS, 1975). Sin embargo, los estudios sobre la erosión en Andalucía occidental no son muy numerosos y no existen parcelas experimentales con series estadísticas que permitan conocer este fenómeno en su verdadera magnitud.

Una revisión de trabajos desarrollados afectando a esta zona, relativos a las pérdidas de suelos por erosión, nos remontaría al estudio de LÓPEZ CADENAS y MINTEGUI AGUIRRE (1975) sobre cuencas alimentadoras de embalses, donde se incluían algunas cuencas del suroeste andaluz con una valoración de tipo cuantitativa de la degradación específica, calculada por el mencionado método de FOURNIER. Estos datos, cuya fiabilidad se restringe a expresar, numéricamente, las diferencias provocadas por un índice de agresividad climática y por el relieve, no recoge dos factores decisivos para el cálculo de la erosión, como son la erodibilidad de los suelos y la capacidad de protección por la cubierta vegetal.

Desde 1970 el Ministerio de Obras Públicas ha llevado a cabo análisis relativos a aterramientos de embalses (D.G.O.H. 1977), cuyos resultados, para algunos situados en la Andalucía occidental aparecen en la *Tabla 1*.

Estos datos que, hoy por hoy, pasan por ser los únicos reales derivados de una medición de aportación de sedimentos a los vasos de embalse, presentan también un grave problema, derivado de la inexactitud de las cubicaciones realizadas (algunos embalses han dado cifras actuales de cubicación superiores a las obtenidas cuando se construyeron). Hay que añadir que, en todo caso, estas cifras sólo mostrarían los materiales transportados y sedimentados en los embalses, pero no indicarían las pérdidas totales que estarían afectando a los suelos, como cantidad bruta de los mismos retirada por la acción dispersante de las gotas de lluvia y la escorrentía.

El desconocimiento de la situación existente en la región llevó a organismos como ICONA (1980) a establecer valoraciones cualitativas del estado de erosión a nivel provincial. Asimismo, se iniciarán estudios-piloto para evaluar aportaciones de sedimentos a embalses (AYESA, 1980) y la degradación de los suelos (ICONA, 1987).

En estos últimos estudios el uso de la ecuación universal de pérdida de suelos es generalizado. Otros organismos regionales (A.M.A., 1984; I.A.R.A., 1986) han hecho uso de metodologías (F.A.O., 1980), que suponen una valoración de la erosión para toda Andalucía a través de una simplificación de la U.S.L.E. Igualmente, distintos autores han realizado trabajos más específicos, tanto de tipo metodológico (MOREIRA, 1983; HURTADO, 1982), como de toma de muestras en parcelas piloto (PASTOR y GIRÁLDEZ, 1989).

Desde el punto de vista de la expresión cartográfica de la erosión en Andalucía, existen diversos trabajos en los que, a diversas escalas, se recogen aspectos relacionados con la erosión. Así, un estudio sobre el equilibrio erosivo en Andalucía (D.G.M.A., 1983) evaluaba a escala 1/500.000 la erosión hídrica en cárcavas y barrancos a través de un análisis de la densidad de la red de drenaje. ICONA, en sus "Mapas de estados erosivos" (1987) evalúa a escala 1/400.000 las pérdidas de suelos por cuencas hidrográficas. Finalmente, nuestras investigaciones han sido llevadas al terreno de la cartografía definiendo la significación espacial de los riesgos potenciales y actuales de erosión (MOREIRA, 1987), de la susceptibilidad a la erosión (MOREIRA, 1986) y de las pérdidas de suelos para unidades morfoedáficas (MOREIRA, 1989).

De todo lo anterior es preciso concluir que la inexistencia de series estadísticas sobre mediciones de pérdidas de suelo convierten, a todos los datos que se manejan, en algo absolutamente relativo y de utilidad (indiscutible) como elementos comparativos zonales, siempre y cuando, se haya utilizado la misma metodología.

Tabla I: Niveles de aterramientos en diversos embalses de Andalucía occidental, deducidos de reconocimientos batimétricos

Embalses (provincia)	Superficie cuenca (Km ²)	Capacidad inicial (Hm ³)	Capacidad actual (hm ³)	Aportación sedimentos (Tm/Ha./año)
- Bornos (Cádiz)	1344	215,4	203,8	22,3
- La Breña (Córdoba)	1480	115,0	103,1	2,2
- Cala (Sevilla)	535	59,0	58,8	0,1
- Gergal (Sevilla)	1736	36,0	34,7	1,4
- Guadalcazín (Cádiz)	680	---	---	6,8
- Guadalmellato (Córdoba)	1195	150,0	147,5	0,5
- Los Hurones (Cádiz)	329	36,0	34,7	9,6
- La Minilla (Sevilla)	965	60,0	56,4	1,5
- Torre del Águila (Sevilla)	432	70,0	66,0	3,3

Fuente: D.G.O.H. 1970-1987

3. FACTORES CONDICIONANTES DE LA EROSIÓN

Hoy resulta evidente que la causa fundamental de la erosión es la actuación de diferentes tipos de lluvia sobre distintos tipos y condiciones de suelos y morfologías, acelerándose el proceso al ser eliminada la cobertura vegetal que actúa como elemento protector. Por consiguiente, la mayor o menor importancia de la erosión dependerá de la combinación de la energía de la lluvia, que es el agente agresor, con la capacidad de un suelo para resistir a dicha agresión, la mayor o menor pendiente que acelerará o aminorará la energía del agua en movimiento y la mayor o menor protección que brinde la vegetación. Todos estos factores son contemplados por la mayoría de los métodos al uso para la evaluación de riesgos de erosión o de erosión actual, denominándose comúnmente:

- Erosividad, concepto que evalúa el poder agresivo de la lluvia como medida de su energía cinética e intensidad en un punto concreto, y que, en el campo de la "ecuación universal de pérdidas de suelos", la cual será empleada profusamente en las páginas que siguen, se expresa en MJ/ha/mm.

- Erodibilidad, término que indica la vulnerabilidad a la erosión determinada considerando, exclusivamente, factores intrínsecos al propio suelo. Este factor en la U.S.L.E. (denominado factor K), expresa, numéricamente, las Tm/ha de suelo que se pierden por unidad de erosividad pluvial.

- Fisiografía, recoge la influencia de la pendiente y la longitud del declive en la erosión.

- Cubierta vegetal, factor que establece el nivel de protección capaz de contrarrestar la actuación del resto de factores. En la U.S.L.E. presenta un complejo cálculo que contempla el porcentaje de pérdidas de suelos en función de los ciclos de la vegetación tanto natural como cultivada (Factor C).

El análisis de estos factores, en su magnitud y distribución espacial, nos permitirá comprender la situación de riesgo de erosión y erosión actual existente en Andalucía occidental.

La erosividad de la lluvia. Distribución espacial y temporal.

Aceptando el índice R de la U.S.L.E., como el más idóneo para definir la erosividad de las lluvias en las tierras estudiadas, y siguiendo el Mapa Hidroclimático de Andalucía (DE LA ROSA Y MOREIRA, 1987), podemos decir que en su distribución general existe una evidente relación con la orografía y la proximidad al océano (*Fig. 1*). Los valores más elevados se presentan asociados a los principales sistemas montañosos, alcanzándose el máximo regional en la sierra de Grazalema (600), pero habiendo también máximos relativos en el sector occidental de sierra Morena (sierra de Aracena 250), y de las montañas del Campo de Gibraltar (250). La costa aparece definida por la isoerodiente < 150, salvo un pequeño sector de Mazagón a Matalascañas y del litoral del estrecho de Gibraltar, donde se superan, algo, estos valores. En el interior, las zonas de Campiña, así como el Andévalo onubense y el norte de la provincia de Córdoba, ofrecen una disminución de los valores de la agresividad de la lluvia.

Zonalmente, se produce una gradación de la erosividad en cuña, desde las Marismas del Guadalquivir hasta el noreste. Esta gradación es clara en las diferentes unidades macroestructurales. Así, sierra Morena alcanza, en Huelva, valores superiores a 250, descendiendo en Sevilla a 200 y en Córdoba a 150. También sobre las unidades sedimentarias no consolidadas del valle Bético se produce dicha tendencia, de modo que, desde la costa suroccidental, con valores de erosividad de 150, se pasa a valores de 100 en las campiñas de Sevilla, Cádiz y Huelva y, a veces, menores de 100 en Córdoba. Las sierras Subbéticas mantienen, sin embargo, valores similares (150) en toda su extensión, si no consideramos los máximos locales de Grazalema.

En cuanto a la distribución, a lo largo del año, de la erosividad de la lluvia, nuestras investigaciones en el Valle Central del Guadalquivir (MOREIRA, 1989) han mostrado la existencia de cinco grandes agrupaciones de las estaciones meteorológicas analizadas. Tres de estos grupos aparecen nítidamente diferenciados, mientras los otros dos constituyen variantes de los tres principales (*Fig. 2, 3, 4, 5 y 6*).

Podemos hablar, pues, de la existencia de tres grandes sectores dentro de los territorios estudiados, con ciertas matizaciones. El primer sector, de un modo sintético, abarca las zonas de montaña (sierra Morena, Aljibe y Grazalema), suponiendo una erosividad continua en el año. Este hecho es importante, ya que al ser zonas cubiertas, por lo general, por vegetación natural permanente, la energía cinética de la lluvia se ve muy reducida.

El segundo sector agrupa la práctica totalidad de las tierras situadas al sur de sierra Morena, integrando todas las unidades macroestructurales de marismas, vegas, campiñas e incluso las montañas subbéticas. En este sector la energía cinética de la lluvia, concentrada fundamentalmente en otoño-invierno, afecta de un modo muy diferente a los sistemas de tierras, en función de las alternativas de cultivos y usos en ellos establecidos, como veremos más adelante. La concentración de la erosividad en unos pocos meses del año aumenta, en potencia, los riesgos de erosión condicionados por el agua de la lluvia.

El tercer puesto, restringido a una pequeña porción del litoral, campiñas y sierras Subbéticas ve aún más concentrada la energía cinética en el período otoñal, época de escasa cobertura por la vegetación natural herbácea o por la vegetación cultivada. Es éste, así, el sector potencialmente más problemático, en cuanto a la distribución temporal de la energía cinética de la lluvia, con independencia del volumen de la misma.

SE-5-743-ALCALA DEL RIO

FACTOR R ANUAL = 94.5

NOMBRE DEL CÓDIGO	CANTIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO
A = ENERO	7.56	8.00	8.00	0.64
B = FEBRERO	11.34	12.00	20.00	1.59
C = MARZO	7.56	8.00	28.00	2.23
D = ABRIL	11.34	12.00	40.00	3.18
E = MAYO	3.78	4.00	44.00	3.50
F = JUNIO	11.34	12.00	56.00	4.46
G = JULIO	0.00	0.00	56.00	4.46
H = AGOSTO	0.00	0.00	56.00	4.46
I = SEPTIEMBRE	7.56	8.00	64.00	5.10
J = OCTUBRE	7.56	8.00	72.00	5.73
K = NOVIEMBRE	11.34	12.00	84.00	6.69
L = DICIEMBRE	15.12	16.00	100.00	7.96

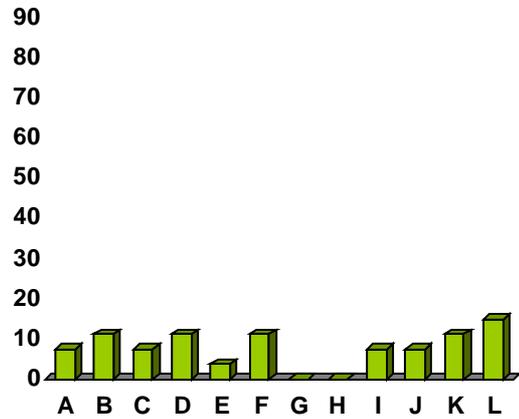
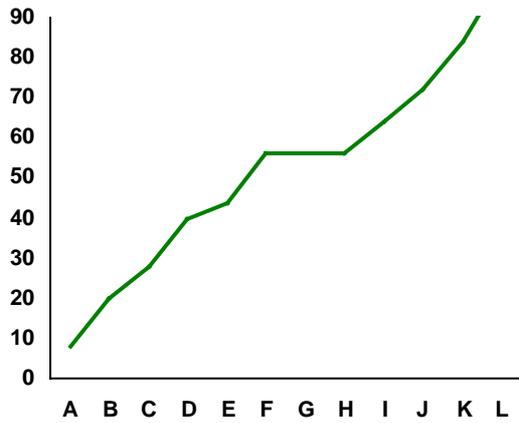


Figura 1: Distribución temporal de la erosividad. Alcalá del Río. Grupo I

Curva de frecuencias acumuladas e histogramas de frecuencia de la erosividad de la lluvia en estaciones meteorológicas-tipo de Andalucía Occidental

SE-5-636-AGUADULCE

FACTOR R ANUAL = 89.1

NOMBRE DEL CÓDIGO	CANTIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO
A = ENERO	6.59	7.40	7.40	0.71
B = FEBRERO	6.59	7.40	14.80	1.43
C = MARZO	6.59	7.40	22.20	2.14
D = ABRIL	0.00	0.00	22.20	2.14
E = MAYO	6.59	7.40	29.60	2.86
F = JUNIO	6.59	7.40	37.00	3.57
G = JULIO	0.00	0.00	37.00	3.57
H = AGOSTO	0.00	0.00	37.00	3.57
I = SEPTIEMBRE	16.48	18.50	55.50	5.36
J = OCTUBRE	9.89	11.10	66.60	6.43
K = NOVIEMBRE	19.78	22.20	88.80	8.57
L = DICIEMBRE	9.89	11.10	99.90	9.64

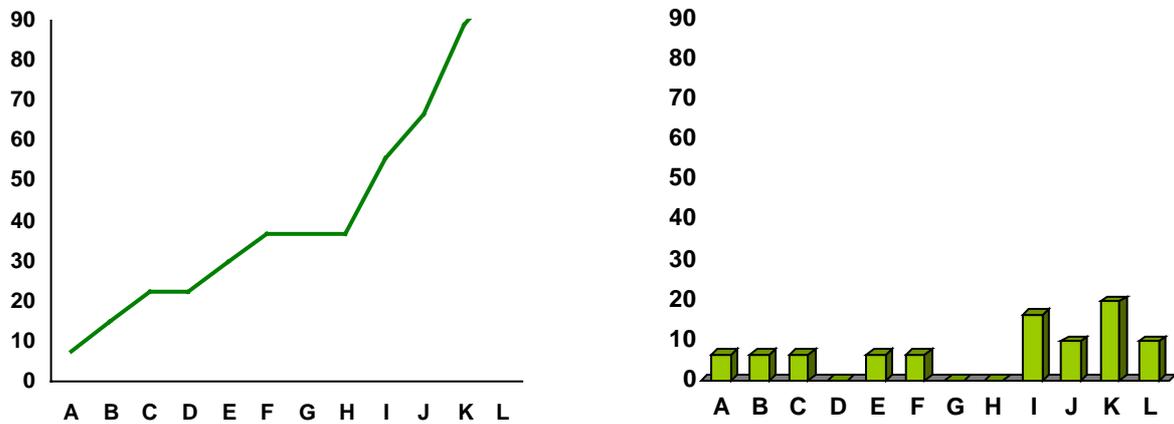


Figura 2: Distribución temporal de la erosividad. Aguadulce. Grupo II

Curva de frecuencias acumuladas e histogramas de frecuencia de la erosividad de la lluvia en estaciones meteorológicas-tipo de Andalucía Occidental

SE-5-393-GUADALMELLATO

FACTOR R ANUAL = 171.3

NOMBRE DEL CÓDIGO	CANTIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO
A = ENERO	42.83	25.00	25.00	1.91
B = FEBRERO	17.13	10.00	35.00	2.67
C = MARZO	17.13	10.00	45.00	3.44
D = ABRIL	8.57	5.00	50.00	3.82
E = MAYO	0.00	0.00	50.00	3.82
F = JUNIO	0.00	0.00	50.00	3.82
G = JULIO	0.00	0.00	50.00	3.82
H = AGOSTO	0.00	0.00	50.00	3.82
I = SEPTIEMBRE	8.57	5.00	55.00	4.20
J = OCTUBRE	17.13	10.00	65.00	4.96
K = NOVIEMBRE	25.70	15.00	80.00	6.11
L = DICIEMBRE	34.26	20.00	100.00	7.63

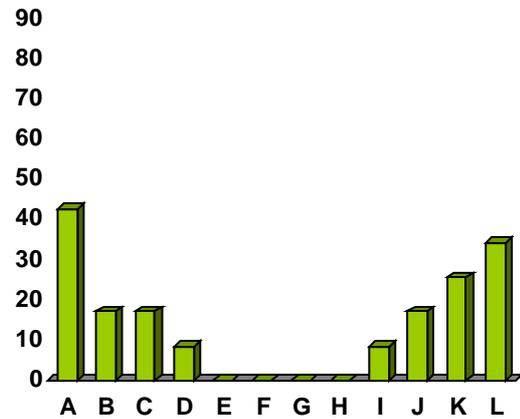
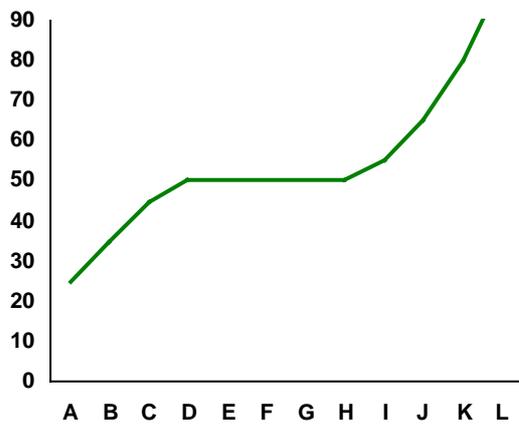


Figura 3: Distribución temporal de la erosividad. Guadalmellato. Grupo III

Curva de frecuencias acumuladas e histogramas de frecuencia de la erosividad de la lluvia en estaciones meteorológicas-tipo de Andalucía Occidental

SE-5-805-EL VISO DEL ALCOR

FACTOR R ANUAL = 139.1

NOMBRE DEL CÓDIGO	CANTIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO
A = ENERO	19.20	13.80	13.80	1.12
B = FEBRERO	19.20	13.80	27.60	2.24
C = MARZO	9.60	6.90	34.50	2.80
D = ABRIL	14.33	10.30	44.80	3.63
E = MAYO	0.00	0.00	44.80	3.63
F = JUNIO	0.00	0.00	44.80	3.63
G = JULIO	0.00	0.00	44.80	3.63
H = AGOSTO	0.00	0.00	44.80	3.63
I = SEPTIEMBRE	9.60	6.90	51.70	4.19
J = OCTUBRE	33.38	24.00	75.70	6.14
K = NOVIEMBRE	19.20	13.80	89.50	7.26
L = DICIEMBRE	14.33	10.30	99.80	8.09

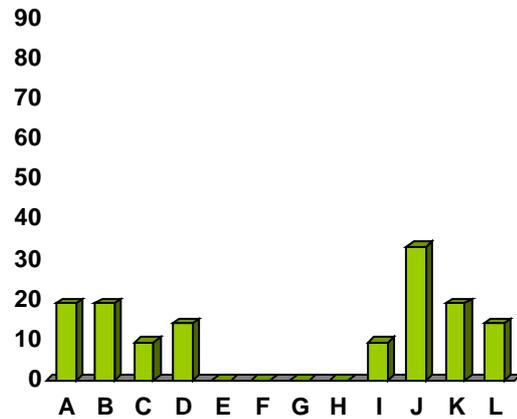
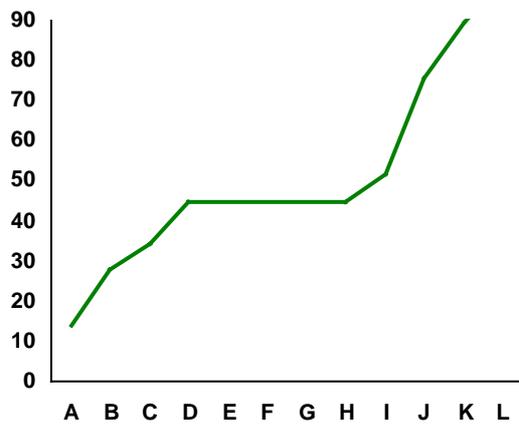


Figura 4: Distribución temporal de la erosividad. Viso del Alcor. Grupo IV

Curva de frecuencias acumuladas e histogramas de frecuencia de la erosividad de la lluvia en estaciones meteorológicas-tipo de Andalucía Occidental

SE-5-615-PUENTE GENIL (AFOROS)

FACTOR R ANUAL = 83.3

NOMBRE DEL CÓDIGO	CANTIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO
A = ENERO	4.17	5.00	5.00	0.68
B = FEBRERO	8.33	10.00	15.00	2.03
C = MARZO	0.00	0.00	15.00	2.03
D = ABRIL	0.00	0.00	15.00	2.03
E = MAYO	0.00	0.00	15.00	2.03
F = JUNIO	0.00	0.00	15.00	2.03
G = JULIO	0.00	0.00	15.00	2.03
H = AGOSTO	8.33	10.00	25.00	3.38
I = SEPTIEMBRE	8.33	10.00	35.00	4.73
J = OCTUBRE	4.17	5.00	40.00	5.41
K = NOVIEMBRE	29.16	35.00	75.00	10.14
L = DICIEMBRE	20.83	25.00	100.00	13.51

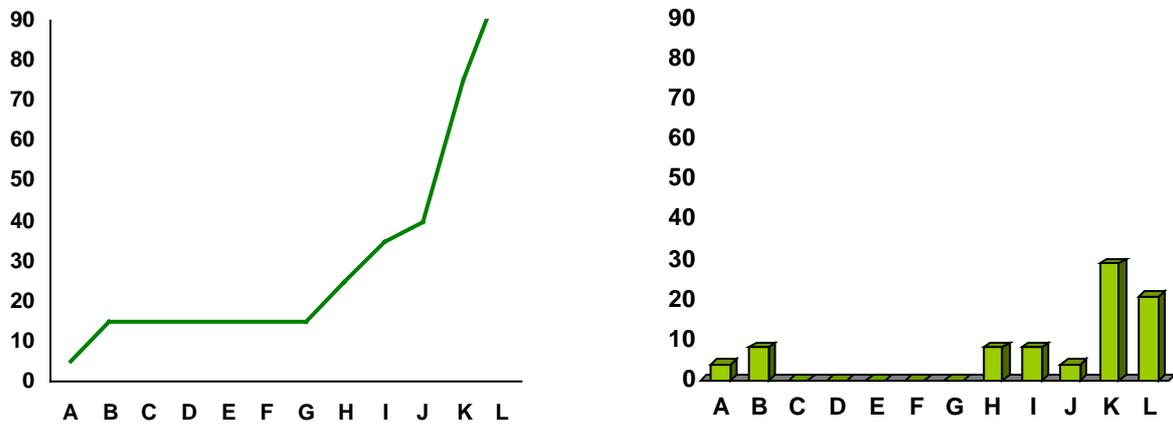


Figura 5: Distribución temporal de la erosividad. Puente Genil. Grupo V

Curva de frecuencias acumuladas e histogramas de frecuencia de la erosividad de la lluvia en estaciones meteorológicas-tipo de Andalucía Occidental

Distribución espacial de la erodibilidad de los suelos.

La erodibilidad de los suelos (factor K), existentes en el Valle Central del Guadalquivir, ha sido estudiada recientemente (MOREIRA, 1989) y relacionada con los tipos de textura que muestran los suelos más comunes en la región (Tabla 2).

Tabla 2: Valores medios de K para diferentes texturas. (T/Ha.)* en el valle central del Guadalquivir.

Textura	7	6	6-n-1	n**
Arcillosa	0,55	0,23	0,24	121
Arcillo-arenosa	0,72	0,34	0,35	12
Arcillo-limosa	0,68	0,28	0,29	23
Arenosa	0,93	0,69	0,70	29
Arenoso-franca	0,78	0,44	0,45	27
Areno-limosa	1,35	0,28	0,29	11
Franca	1,04	0,44	0,44	35
Franco-arcillosa	0,78	0,20	0,20	66
Franco-arcillo-arenosa	0,83	0,29	0,29	53
Franco-arcillo-limosa	0,85	0,19	0,20	15
Franco-arenosa	0,86	0,46	0,47	71
Franco-limosa	0,77	0,35	0,38	6
Limosa	0,87	0,31	0,33	11
Limo-arcillosa	0,90	0,32	0,34	10
Limo-arenosa	1,00	0,58	0,61	12
Humus	0,62	---	---	1

* Los contenidos en materia orgánica, estructura y permeabilidad son muy variables para cada una de las texturas analizada.

** n: Número de individuos-suelos analizados.

A partir de estos valores y de un análisis realizado en función de unidades morfológicas se puede establecer una aproximación a la distribución espacial de la erodibilidad en la zona (Fig. 8).

En resumen, y considerando la distribución espacial de la erodibilidad a nivel de grandes Sistemas de Tierras (MOREIRA, 1989), podemos decir que:

- Las Marismas ofrecen valores bajos de erodibilidad ($K = 0,44$), si bien ésta aumenta en las tierras "saneadas" ($K = 0,63$) y se convierte en moderadamente alta en las zonas de transición a las vegas y campiñas ($K = 0,88$).

- Las Vegas aluviales y terrazas bajas presentan valores altos de erodibilidad ($K = 1,0$), siendo materiales fácilmente disgregables, pero el relieve contrarresta a este sector.

- En los sistemas de "Campiñas" existen grandes diferencias. Así, el sistema denominado Aljarafe aparece como el que muestra, en la mayoría de las unidades morfoedáficas que le afectan, los valores más altos de erodibilidad, como ocurre con las coberteras detríticas de conglomerados, arenas y dunas, donde la erodibilidad es de 1,92. En general en este sistema de tierras la erodibilidad es siempre superior a 1,0.

- En los sistemas denominados El Campo y el Condado (provincias de Sevilla y Huelva) la erodibilidad es moderada ($K = 0,65$). En la llamada "Vega de Carmona" es igualmente moderada ($K = 0,70$). Esta tónica general es la que predomina en el resto de Sistemas de Campiñas. Así, para las Campiñas occidentales (provincias de Sevilla y Cádiz) K oscila entre 0,65 y 0,70, en las Campiñas centrales bajas de Córdoba y Jaén, la erodibilidad aparece con un valor de 0,65, mientras en las Campiñas centrales altas el valor aumenta hasta 0,73. No obstante, existen zonas de estas Campiñas centrales donde la erodibilidad se muestra alta, alcanzando valores de K superiores a 1,2.

Fig. 1. -Ercsividad de la lluvia en Andalucía Occidental
(Factor R)



Fig. 7-Grados de Pendiente en Andalucía Occidental
(Factor Topografico)



Fig. 8. -Niveles de Ercdibilidad de lce suelos en Andalucía Occ.
(Factor K)



Fig 9.-Niveles de protección del suelo por la vegetación
(Factor C)



Fig. 10. --Riesgos de Erosión actual en Andalucía Occidental



- En los sistemas de Terrazas y Coberteras detríticas predomina, asimismo, una erodibilidad de moderada a moderadamente alta, si bien hay zonas en que ésta es muy alta. Así ocurre en los "Arenales y cabezos al norte de las marismas" y en los glacis costeros de Huelva, donde K presenta un valor de 1,92. En el sistema de "Glacis y terrazas del sureste de Sevilla y suroeste de Córdoba" predominan valores moderados (K=0,73). En el sistema de terrazas del Guadalquivir la erodibilidad es de moderada a moderadamente alta, aumentando en las terrazas superiores (K entre 0,80 y 0,86).

- En los sistemas de tierras constitutivos de las unidades fisiográficas tabulares los valores suelen ser altos, como en Los Alcores (K = 1,0).

- Para los sistemas de tierras de influencia estructural, desarrollados en sierra Morena, hay un predominio de valores bajos a moderados, así como en los sistemas de Batolitos (Pedroches) y Penillanuras, donde K oscila entre 0,25 y 0,61. La erodibilidad es moderada en el resto de las unidades estructurales (valores entre 0,42 y 0,68) incluidas en sierra Morena. Pero es moderadamente alta e incluso alta en el Piedemonte de sierra Morena y en el valle del Viar, donde la erodibilidad alcanza valores entre 0,82 y 1,26. Finalmente, la práctica totalidad de los sistemas de tierras incluidos en las serranías subbéticas, ofrecen valores de erodibilidad moderados (0,43 a 0,78), si bien hay algunos contrastes locales que dan lugar a valores tanto elevados como bajos.

El relieve como condicionante de la erosión.

El gradiente y la longitud de la pendiente condicionan, de forma muy directa los procesos de erosión hídrica. De estos dos elementos, sólo el primero puede ser analizado aquí para Andalucía occidental (DE LA ROSA y MOREIRA, 1987), mientras que la longitud de laderas no ha sido aún estudiada en este sector, como en otras zonas (RUIZ SINOGA, 1988).

Por lo que se refiere a la distribución de la pendiente en los distintos Sistemas de Tierras que componen Andalucía occidental, hemos de destacar algunos hechos (*Fig. 7*)

Es evidente la existencia de tres grandes unidades macroestructurales que definen el territorio analizado, destacando sierra Morena y las sierras Subbéticas por la extraordinaria variabilidad de las pendientes que en ellas existen, y el valle Bético por la homogeneidad de las mismas.

Los sistemas de Marismas se caracterizan por presentar los menores niveles de pendiente, al igual que las Vegas y llanuras de inundación, donde, normalmente, no se sobrepasa el 2%.

Las terrazas y otras coberteras detríticas ofrecen un panorama muy variado. Las terrazas bajas del Guadalquivir no superan el 2% de pendiente. Las medias y altas aparecen con pendientes entre el 2 y 7%. Las coberteras de Osuna-Estepa-Puente Genil, así como los arenales y cabezos al norte de las marismas aparecen con pendientes entre el 2 y 7%.

Los sistemas de tierras campiñesas, muestran unas pendientes variables, El Aljarafe, el Campo y el Condado, presentan un predominio de pendientes entre un 2 y 7%, aunque también existen zonas entre 7 y 15%. La "Vega" de Carmona es el sistema de campiñas con menor pendiente (< 2%), hecho que vuelve a repetirse en las Campiñas occidentales, si bien con abundancia de suelos con pendiente entre el 2 y 7%. Estas pendientes aumentan en el resto de tierras de Campiña, tanto en dirección norte-sur, como oeste-este. Así en las Campiñas con margas triásicas domina la clase 7-15%, al igual que en las Campiñas central baja y oriental y en las Campiñas gaditanas. La Campiña central alta, en Córdoba, da paso a tierras con pendientes entre 15 y 30%, si bien es más frecuente la clase 7-15%, como ocurre en la mitad occidental de la provincia de Cádiz.

Las tierras ubicadas en morfologías tabulares quedan representadas con pendientes acordes con estos relieves. En los Alcores dominan pendientes entre 2-7%, aunque no está ausente la clase 7-15%.

En los sistemas de tierras vinculados a sierra Morena pueden distinguirse, igualmente, varios sectores homogéneos. Las zonas con menores pendientes se presentan en el sistema de Pedroches occidental (2-7%), el sistema de Penillanuras y Rañas (2-7% y 7-15%), Pedroches oriental (2-7% y 7-15%), Escalón de Villanueva-Hornachuelos (7-15%), valle del Viar y Andévalo occidental. Las zonas con pendientes dominantes entre 7-15% y cierta abundancia de la clase 15-30% se extienden,

fundamentalmente, por el Piedemonte de sierra Morena en Córdoba y los sectores más septentrionales de Huelva y Sevilla, siendo representativos de los sistemas de sierra del Aljibe en Cádiz y del Batolito Pedroso-Castillo de las Guardas y Escalón de Constantina-Cerro Muriano, en Sevilla y Córdoba. La clase de pendiente entre 30% y 45% es sólo dominante en las sierras de Grazalema en Cádiz y en ciertas zonas del sector Aracena-Constantina-Cerro Muriano en Huelva, Sevilla y Córdoba.

Los sistemas de tierras, relacionados con las formas estructurales y kársticas subbéticas son los que presentan mayores pendientes. No obstante, la sierra Sur de Sevilla, en su primer nivel ofrece, pendientes poco acentuadas (7-15%). Pero el segundo nivel da paso al predominio de tierras con pendientes entre 15-30% y de 30-45%.

El factor cubierta vegetal y la ordenación de cultivos.

Al analizar la influencia de la cubierta vegetal sobre la erosión del suelo, todos los estudios parecen coincidir en que es éste el factor fundamental a modificar si se pretende conseguir una eficaz protección contra los procesos erosivos. Hoy es evidente que la cubierta vegetal y su ordenación se constituyen como el elemento de mayor importancia para el control de los procesos de erosión, y es por ello, que el conocimiento de las prácticas y alternativas de uso de las tierras es esencial.

Es preciso añadir, también, que, en zonas de agricultura milenaria, como Andalucía occidental, la ordenación de los cultivos se ha realizado buscando el máximo beneficio económico y, normalmente, haciendo coincidir éste con un mantenimiento en el tiempo del mismo. Sólo cuando la obtención del máximo beneficio no ha contemplado la tierra como un bien escaso, al que es preciso cuidar para que produzca, se han producido distorsiones en relación con la pérdida de suelos. De esta forma, en siglos pasados, la existencia de una agricultura extensiva, expansiva y, a veces, itinerante, dio lugar a deforestaciones sobre tierras que posteriormente eran abandonadas, o en el mejor de los casos, eran cultivadas sin la inversión de medios necesarios para el mantenimiento de la capacidad productiva inicial del suelo. Es significativo el hecho de que, normalmente, los mayores problemas de erosión coincidan con las tierras de mayor marginación económica y cómo las zonas donde se da la agricultura más intensiva y lucrativa coinciden con los territorios menos afectados por la erosión. En ello intervienen, naturalmente factores físicos, pero también es cierto que una buena inversión y una buena gestión de las tierras equivale a un buen control de la erosión.

Es en este sentido que se comentan, seguidamente, las condiciones de la vegetación natural y cultivada en la zona estudiada pretendiendo ofrecer un panorama de la actual capacidad protectora de los usos y vegetación existentes en la región (*Fig. 9*).

Si se analiza de una forma somera un mapa de la vegetación actual de la región, pueden extraerse unos comentarios generales que ayudan a comprender el papel de la cubierta vegetal. Es así, cómo se observa una clara dicotomía entre las tierras situadas al norte del río Guadalquivir, donde son abundantes las tierras con capacidad protectora por la vegetación de elevada a óptima, vinculadas a un predominio de la vegetación natural, frente a las tierras que, situadas al sur de este eje fluvial, ofrecen como peculiaridad una cubierta vegetal o un uso de baja a muy baja capacidad protectora. Esta misma gradación, aunque con menor contraste, se produce entre las zonas situadas más al oeste y las situadas más al este.

Un pequeño repaso a esta capacidad de protección por la vegetación en los distintos sistemas de tierras existentes resulta igualmente significativo.

En los sectores próximos al litoral, los niveles de protección son muy altos allí donde se conserva el bosque, pero mínimos donde se han implantado usos humanos intensivos.

Las tierras de Marisma, ofrecen una buena a elevada capacidad de protección por la vegetación que las cubre, bien sea ésta natural o cultivada (alternativas de cultivos en riego). Algo similar ocurre con las Vegas aluviales, donde una agricultura intensiva hace uso de las más modernas técnicas para la explotación y conservación del recurso suelo.

En las Terrazas y otras coberteras detríticas, las situaciones son muy contrastadas. Las terrazas del Guadalquivir y otros ríos, con usos intensivos en regadío se caracterizan por una elevada capacidad de protección, pero donde estos usos no han sido implantados y domina la trilogía mediterránea en seco,

esta capacidad se reduce, llegando a ser muy baja. Son estas dos clases las dominantes en las Coberteras detríticas de Osuna-Puente Genil y Campiña de Jerez. Los Arenales y Cabezos al norte de las Marismas, con su cubierta forestal natural, se caracterizan por una elevada capacidad protectora.

La mayor parte de las tierras de campiña se muestran con una capacidad protectora mínima, vinculada a los usos agrícolas que le son propios. Es así cómo la clase de baja protección domina en los sistemas de El Campo, El Condado, Vega de Carmona, Campiña occidental, Campiña central baja y resto de Campiñas gaditanas; mientras la capacidad de protección muy baja impera en los sistemas de El Aljarafe, Campiñas de margas yesíferas y Campiñas centrales altas.

Es en los relieves estructurales de sierra Morena y en las sierras del Aljibe donde existe una mejor capacidad de protección por la vegetación, allí donde ésta se conserva sin excesiva degradación. No obstante, existen fuertes diferencias.

En el Piedemonte de sierra Morena la actividad humana ha instalado usos de baja o muy baja capacidad protectora, que predominan sobre los usos naturales. Estos mismos usos están muy extendidos en los Sistemas de tierras de Pedroches occidental y las Penillanuras al norte de Córdoba, donde la capacidad de protección es baja. Los sistemas de tierras de sierra Morena, donde ha habido una deforestación fuerte, existiendo numerosas zonas de bosque aclarado, pero con presencia de matorral, ofrecen una capacidad de protección de buena a muy elevada. Cuando el bosque mediterráneo se presenta bien conservado aparece una capacidad protectora de óptima a muy elevada, caso más representativo de los alcornocales al sur de Cádiz, de Pedroches en su sector oriental y de los sistemas mejor conservados, situados en las provincias de Sevilla, Córdoba y Huelva (Aracena-Constantina-Cerro Muriano, Villanueva-Hornachuelos...).

Para los sistemas de tierras relacionados con las cadenas béticas, las situaciones son muy variadas. Junto a zonas de óptima capacidad de protección por la vegetación natural, que aparecen en Grazalema, existen tierras sometidas a los más bajos niveles de protección posible.

Así, las sierras Subbéticas de Sevilla, en su primer nivel, aparecen con una baja a muy baja capacidad protectora, al igual que las margas triásicas en Córdoba y Cádiz. El segundo nivel de las sierras Subbéticas ofrece una capacidad de buena a baja, general a todos los macizos calizos subbéticos de Sevilla, Córdoba y Cádiz.

Este somero análisis descriptivo esconde situaciones tremendamente variadas, relativas a la capacidad protectora de la vegetación frente a los procesos erosivos, las cuales han sido estudiadas por el autor en otro lugar (MOREIRA, 1989), destacando la relación entre la distribución temporal de la erosividad y el ciclo vital de la vegetación.

PÉRDIDAS ACTUALES DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA LAMINAR Y EN REGUEROS

Analizados, aunque de un modo genérico, todos los factores que condicionan la erosión laminar y en regueros en la región, una valoración cualitativa de los riesgos de degradación que están sufriendo las tierras de Andalucía occidental podría establecerse (*Fig. 10*). No obstante, resulta más interesante cuantificar las cantidades "reales" de suelo que los perfiles edáficos de estas tierras pueden estar perdiendo y comparar dichas cifras con la tolerancia¹ a la erosión que los mismos presentan. Es preciso mencionar que las cifras que utilizaremos seguidamente proceden de una adaptación de la ecuación universal de pérdidas de suelos al suroeste de Andalucía (MOREIRA, 1989) y que tienen un valor comparativo (ya que no han podido ser calibradas en campo), relativo al movimiento de las partículas edáficas como consecuencia de la erosión hídrica laminar y en regueros. Su comparación con la tolerancia nos indicará las disfunciones, estabilidad o inestabilidad erosiva que los suelos de la región ofrecen. Los comentarios relativos a unidades fisiográficas y tipos de suelos siguen las empleadas en el Mapa Geomorfoedáfico de Andalucía (DE LA ROSA y MOREIRA, 1987).

Para suelos desarrollados sobre vegas y llanuras de inundación se ha determinado una erosión promedio actual de 9 Tm/Ha/año, mientras que su tolerancia, en función de características físicas, ha sido establecida en 11,1 Tm/Ha/año. Ello significaría un balance anual positivo para este tipo de morfologías, con predominio de sedimentación y edafogénesis sobre la erosión.

¹ Entendiendo por tolerancia a la erosión, la máxima pérdida de suelo admisible de modo que se conservan, en un período de 1.000 años, las actuales condiciones estructurales del perfil, manteniendo una capacidad productiva similar a la actual.

Las unidades fisiográficas de terrazas, se caracterizan por comportamientos diversos. Los suelos rojos de terrazas, frente a una erosión promedio de 12 Tm/Ha/año, con un mínimo de 3 y un máximo de 38, ofrecen una tolerancia, por parámetros físicos, elevada (11,9 Tm/Ha/año) y acorde con las pérdidas. Los Inceptisoles y Alfisoles de terrazas medias, aparecen también como suelos con una relativa estabilidad, ya que a pérdidas promedio de 11 Tm/Ha/año, oponen una tolerancia física de 10 Tm/Ha/año. Las terrazas altas constituyen un conjunto de tierras definidas por una erosión moderada (20 Tm/Ha/año) pero que es muy superior a la tasa máxima admisible por estos suelos, bajo cualquier hipótesis planteada (máxima tolerancia 6,2 Tm/Ha/año). Esto las convierte en una unidad con una clara disfuncionalidad, donde predomina la erosión sobre la edafogénesis.

Este problema se plantea también en las coberteras detríticas, pero con matices variados.

Los suelos rojos de los glacis y conos de Sevilla y Córdoba ofrecen una erosión promedio de 11,0 Tm/Ha/año, frente a niveles de 7,7 Tm/Ha/año para la tolerancia, en función de características físicas. Del mismo orden de magnitud son las relaciones entre erosión (11 Tm/Ha/año) y tolerancia (5,9 Tm/Ha/año) que se establecen para los Entisoles y Alfisoles sobre coluviones y rañas de Córdoba. En situación más crítica aparece la unidad de Entisoles y Alfisoles sobre conglomerados al sur de El Aljarafe y en todo el glacis costero de Huelva, ya que frente a una erosión de 78 Tm/Ha/año las tasas de pérdidas admisibles son muy bajas (2,5 Tm/Ha/año en el mejor de los casos).

Muy distinto es el panorama planteado por todas las unidades morfoedáficas de Marismas en las que, a pesar de la baja tolerancia admisible bajo cualquier hipótesis, nunca puede considerarse que las pérdidas superen a la tolerancia, siendo siempre unidades en progresión.

Por el contrario, en las unidades fisiográficas de cerros y margo-calizas Subbéticas, las pérdidas pronosticadas (110 y 68 Tm/Ha/año respectivamente), son muy superiores a las tolerancias, de cualquier tipo, establecidas, siendo, pues, unidades en clara regresión de su capacidad productiva debido a una erosión excesiva.

Las fisiografías colinares con moderada influencia estructural, que abarcan, suelos margo-arenosos, albarizas, areniscas y margas yesíferas en zonas de campiña, se muestran, en conjunto, con unas pérdidas muy superiores a las tolerancias admisibles, tanto para conservar su estructura física, como para mantener su productividad. Sólo las unidades morfoedáficas de Vertisoles y Alfisoles sobre margas arenosas de las campiñas, en las que algunos perfiles presentan una erosión inferior a la tolerancia, parecen ofrecer una relativa estabilidad. El resto de unidades se muestra claramente regresiva.

Las unidades fisiográficas de Lomas y Llanuras, propias de campiñas, piedemontes de sierra Morena y sectores costeros, evidencian dos comportamientos contrastados. De una parte, suelos con clara tendencia regresiva, ya que las pérdidas son siempre muy superiores a las tolerancias definidas. De este tipo son los Entisoles y Alfisoles sobre arenas y margas arenosas del piedemonte de sierra Morena (106 Tm/Ha/año de erosión), y los Entisoles sobre margas arenosas del mismo sistema de tierras (88 Tm/Ha/año). De otra parte, hay suelos que pueden ser calificados de situación relativamente estable, ya que, si bien en un balance global suelen presentar mayor erosión que la permitida por los valores de tolerancia encontrados, siempre hay perfiles donde la tolerancia es mayor o igual a la erosión pronosticada. De este tipo son los Alfisoles, Entisoles e Inceptisoles de las margas arenosas de El Aljarafe y el Condado (27 Tm/Ha/año de erosión), los Vertisoles de campiña (26 Tm/Ha/año), si bien en estos últimos son frecuentes situaciones de clara regresión ya que, a veces, la erosión llega a 55 Tm/Ha/año y la tolerancia no supera las 10 Tm/Ha/año. Similar situación ofrecen los suelos desarrollados sobre areniscas y costras calizas próximas a la costa gaditana, cuya erosión alcanza 14 Tm/Ha/año, frente a una tolerancia de 7,0 Tm/Ha/año.

Para las unidades fisiográficas de sierra Morena, Andévalo y alineaciones Subbéticas en general, las situaciones son claramente problemáticas, ya que los procesos de erosión superan, con mucho, a las tasas de pérdidas máximas asimilables, nunca superiores a 6 Tm/Ha/año, en función de la escasa profundidad de los suelos existentes.

Los relieves de tipo kárstico no responden frente a la erosión de modo similar. Los Alfisoles propios de sierra Morena se caracterizan por presentar una erodibilidad bastante más elevada que los situados en las cadenas Subbéticas, mostrándose éste como el factor que, desde el punto de vista de la erosión, marca

la mayor diferencia. Para los suelos de "terra rossa" de sierra Morena las pérdidas se han evaluado en 73,3 Tm/Ha/año, mientras que para los de sierras Subbéticas éstas significan (en similares condiciones de erosividad, pendiente y cubierta vegetal) sólo 19,4 Tm/Ha/año.

Los relieves estructurales montañosos pueden ser tipificados por la enorme variabilidad de situaciones que, en relación con las pérdidas de suelo, presentan, tanto entre diferentes unidades, como dentro de cada una de ellas, de modo que los valores promedio obtenidos no pueden ser contemplados como representativos más que de la tendencia general.

Para las montañas Subbéticas, de margo-calizas, calizas y dolomías, han podido ser utilizados dos perfiles-tipo que indican una erosión moderada a elevada (47,7 y 67,0 Tm/Ha/año respectivamente). En los relieves montañosos de sierra Morena sí han podido ser utilizados varios perfiles para diversos sectores, ofreciendo numerosas alternativas en función de una pendiente muy variable y de unas cubiertas vegetales cambiantes. La tendencia en estos relieves montañosos es, no obstante, de pérdidas muy acentuadas, con valores de 54,2 Tm/Ha/año para los Litosoles, Entisoles e Inceptisoles sobre pizarras metamórficas y de 176 Tm/Ha/año para los Litosoles y Entisoles en situación de mayor pendiente.

Los relieves estructurales calificados como colinas y superficies de aplanamiento propias del Andévalo, algunas zonas de Sevilla y Córdoba, se caracterizan por pérdidas edáficas variables pero dentro de una tónica general de pérdidas moderadas (20,7 Tm/Ha/año) a elevadas (48,0 Tm/Ha/año).

En los relieves montañosos, desarrollados sobre rocas intrusivas y extrusivas, las pérdidas evaluadas han sido moderadas (22,7 Tm/Ha/año para Litosoles y Entisoles sobre granitos). La mayor erodibilidad que afecta a los Inceptisoles sobre granitos hace que la erosión promedio evaluada para los mismos, sea elevada 70,0 Tm/Ha/año, si bien, en condiciones de escasa pendiente, esa erosión queda muy reducida (3 Tm/Ha/año para pendientes < 5%).

CONCLUSIONES

Hasta aquí los datos relativos a la erosión actual y la tolerancia en Andalucía occidental muestran la existencia de graves desequilibrios que afectan, esencialmente, a zonas de montaña y campiñas. No obstante, la observación de la relación existente entre la profundidad útil de los suelos y su tolerancia a pérdidas, muestra una gran cantidad de suelos que aún presentan frecuentes situaciones de estabilidad y, por consiguiente, de predominio de la edafogénesis, sobre los procesos de erosión. Este hecho es dominante sobre vegas y llanuras de inundación, sobre terrazas y algunas zonas de campiñas, pero no es extraño en el resto de las unidades fisiográficas en buenas condiciones de cubierta vegetal. Es claro, además, que las situaciones más graves se vinculan a alteraciones de la cubierta vegetal natural o a desajustes relativos a la ordenación de cultivos con respecto a la distribución temporal de la erosividad.

A partir de los datos analizados podríamos concluir que las condiciones ambientales actuales en Andalucía occidental no son, en absoluto, propicias a una erosión fuerte de las tierras. Frente a condiciones pasadas, en que son evidentes episodios de erosión torrencial, causantes de fuertes cambios en la morfología, la erosión actual ofrece un panorama medio menos violento, con una situación, en condiciones naturales, de claro predominio de la edafogénesis sobre los procesos erosivos y con una relativamente lenta evolución morfológica. Sin embargo, la alteración por el hombre de las cubiertas vegetales naturales ha provocado y sigue provocando una erosión acelerada que hace predominar, en numerosos lugares, los procesos de morfogénesis sobre los de edafogénesis.

Como conclusión final cabe mencionar algo a lo que se hizo referencia anteriormente. En la escala de tiempo histórico, la alteración de la vegetación natural ha provocado, en numerosos sectores, una aceleración de procesos erosivos que, no obstante, podrían ser controlados con una adecuada actuación proteccionista.

BIBLIOGRAFIA

A.M.A. (1984): *Catálogo de suelos de Andalucía*. Junta de Andalucía. Sevilla.

AYESA (1980): *Estudio piloto de los procesos de erosión, arrastre y sedimentación en la cuenca del embalse de Torre del Águila*. M.O.P.U. Madrid.

DE LA ROSA, D. y MOREIRA, J. M. (1987): *Evaluación Ecológica de Recursos Naturales en Andalucía*. A.M.A. Junta de Andalucía. Sevilla.

D.G.M.A. (1983): *Estudio del estado de equilibrio erosivo en Andalucía*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

D.G.O.H. (1977): *Sedimentación. Reconocimientos batimétricos de embalses*. (Varios años.) M.O.P.U. Madrid.

DÍAZ DEL OLMO (1987): El relieve de Andalucía. Geografía de Andalucía. T. II. Ed. Tartesos. Sevilla.

DUCHAUFOR, P. (1984): Edafología. Edafogénesis y clasificación. Ed. Masson.

F.A.O. (1980): *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Memoria y Mapas. Roma.

FOURNIER, J. (1960): *Climat et érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les sprécipitations atmospheriques*. P.U.F. Paris.

HUDSON, H. (1982): Conservación de suelos. Ed. Reverté. Barcelona.

HURTADO, M. (1982): *Impacto de la erosión sobre la productividad agrícola. Aplicación a suelos de Sevilla y Buenos Aires*. CEBAC. (Informe no publicado). Sevilla.

I.A.R.A. (1986): *Plan hidrológico-forestal y de conservación de suelos de Andalucía. Estudio hidrológico de Andalucía*. Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía. Sevilla.

I.C.O.N.A. (1980): Erosión en la cuenca del río Guadalquivir en las provincias de Córdoba, Jaén y Sevilla. (Informe no publicado).

I.C.O.N.A. (1987): *Mapa de estados erosivos. Cuenca hidrográftca del Guadalquivir*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

I.G.M.E. (1977): Mapa geológico de España E:1/50.000. Dos Hermanas (Hoja 1.002). Madrid.

LÓPEZ CÁRDENAS, F. y MINTEGUI AGUIRRE, J. (1975): Inventario de las cuencas alimentadoras de los embalses de las grandes presas españolas. ICONA. Madrid.

MOREIRA, J.M. (1983): Metodología para evaluar la susceptibilidad del suelo frente a la erosión. Una aproximación numérica. *VII Coloquio de Geografía*. Barcelona.

MOREIRA, J.M. (1986): Degradación, susceptibilidad y tolerancia a la erosión de los suelos en Andalucía. *Rev. Estudios Andaluces*, núm. 6, pp. 45-64.

MOREIRA, J.M. (1987): Modelos integrados automatizados para pronosticar la erosión de los suelos en Andalucía. *Seminario Evaluación de Recursos Naturales en Zonas Mediterráneas*. A.M.A. Junta de Andalucía. Sevilla.

MOREIRA, J.M. (1989): *La erosión de los suelos en el Valle Central del río Guadalquivir. Su influencia en el Uso y Gestión de las Tierras*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. (Inédita).

PASTOR y GIRÁLDEZ, J.V. (1989): Erosión de suelos en una parcela experimental cultivada de olivar. I.N.I.A., Córdoba. (Informe no publicado).

RUIZ SINOGA, D. (1988): *Atlas de laderas y pendientes de las Cordilleras Béticas Litorales*. E:1/100.000. Proyecto LUCDEME. ICONA. Universidad de Málaga.

TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D.G. (1980): *Geoderma*, 23 (3) 191,,208.

WILLIAMS, J.R. (1975): Sediment routing agricultural watersheds. *Water Resources Bulletin*. American Resources Association. Vol. 11 núm. 5, pp. 965 y ss.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. and UHLAND, R.E. (1958): Evaluation of factors in the Soil – Loss Equation. *Agricultural Engineering*, 39, 8 pp. 458-464.

Cita bibliográfica:

MOREIRA, J.M. 1989. *La erosión de los suelos en Andalucía Occidental. El Cuaternario en Andalucía Occidental. AEQUA Monografías, 1, 171-187. Ed. F. Díaz y J. Rodríguez. Sevilla.*