

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 modo muy diferente a los sistemas de tierras en función, de las alternativas de cultivos y usos en ellos establecidos, como veremos mas 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 sector, restringido a una pequeña porción de 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, de esta forma, 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.

Es evidente que, al emplear para los cálculos de la erosividad datos vinculados a la máxima precipitación en 24 horas y considerar como dato significativo de la distribución temporal de esta erosividad la frecuencia de aparición de estos eventos en los diferentes meses de una serie de años, estamos simplificando en exceso la realidad que calcula el factor R definido en origen por WISCHMEIER. No obstante, la inexistencia de una red de pluviógrafos suficientemente dotada y con series significativas, impide cualquier otro tipo de aproximación, de modo que se ha considerado, como hipótesis más acorde con la realidad, el suponer que la mayor concentración de energía cinética se produciría en aquellos meses en que tienen lugar las lluvias más intensas. Este hecho, si bien no tiene porqué coincidir con la mayor concentración de erosividad, puede ser un indicador de las situaciones "normales" en series estadísticas que analicen dicho fenómeno.

b) La erodibilidad del suelo. Definición del factor K.

La erodibilidad del suelo es, por definición, su vulnerabilidad a la erosión determinada considerando exclusivamente factores intrínsecos o inherentes al propio suelo. Este factor refleja un hecho evidente, que diferentes suelos se erosionan a diferentes velocidades cuando se mantienen constantes sobre ellos el resto de condicionantes que afectan a la erosión.

Para HUDSON (1.982) hay dos grupos de factores que influyen en la erodibilidad de los suelos, de una parte, las características físicas del suelo, y de otra, los tratamientos y usos que sobre el se desarrollan. No obstante, por ser este grupo de factores de carácter variable en el tiempo y el espacio sobre un mismo suelo, la erodibilidad inherente es el factor que conviene aislar para conocer la respuesta del suelo frente a las actuaciones o agresiones del medio natural (lluvia, viento...) o humano (cambios de uso, niveles de manejo...). Por consiguiente, es a esta erodibilidad, condicionada por las características físicas del suelo, medibles en laboratorio, a la que se dirigieron numerosos estudios tendentes a definir paramétricamente el comportamiento de estas características y su relación con la erosión tal como se mide en el campo.

Prácticamente casi todas las propiedades del suelo susceptibles de ser medidas, aislada o combinadamente, han sido empleadas en trabajos de esta índole (BRYAN, 1.968). Recurriremos a la obra de HUDSON (1.982) para sintetizar los estudios que, comenzados en los años treinta, culminarían con la definición del denominado factor K de la U.S.L.E.

Los primeros trabajos se iniciaron en Estados Unidos relacionando los datos de erosión con una razón de dispersión basada en los contenidos de limo y arcilla antes y después de la dispersión del suelo en agua (MIDDLETON, 1.934). BOUYOUCOS (1.935) relacionó la pérdida de suelo con la notación: (% arena + % limo) / % arcilla. Autores como PEELE (1.937) y YODER (1.936), desarrollaron técnicas para medir y relacionar la estabilidad de los agregados, cuando son agitados en agua y la velocidad de percolación del agua en el suelo, con las pérdidas edáficas.

Los métodos de relación basados en análisis mecánicos fueron frecuentes en Rusia (VOZNESENNISKY y ARATRUUI, 1.940), India (BALLAL, 1.954), Japón (NISHIDATA y TAKEUCHI, 1.955) y Francia (HENIN 1.963). Igualmente abundantes fueron las relaciones establecidas con las propiedades químicas edáficas (EPSTEIN y GRANT, 1.967). Sin embargo, los resultados no parecían excesivamente alentadores hasta que WISCHMEIER y MANNERING (1.969) demostraron la existencia de una buena correlación entre la erodibilidad y un índice que englobaba 15 propiedades físicas del suelo. Se procedería, así, a definir el factor erodibilidad del suelo, K, que es la tasa de erosión por unidad de índice de erosión a partir de una parcela estándar. De este modo se pretendía evitar el procedimiento largo y costoso que implica la medición directa del factor K. El primer intento de describir K paramétricamente supuso, como hemos dicho, el uso de 15 propiedades y sus interrelaciones. Esto llevó a una ecuación de regresión múltiple de 24 términos que fué considerada válida para una amplia gama de suelos de textura media. Pero, evidentemente, esta ecuación era excesivamente compleja y distintos trabajos complementarios de WISCHMEIER y col. (1.971) contribuirían a simplificar su cálculo mediante el empleo de una ecuación de regresión en la que sólo se emplearían 5 parámetros físicos del suelo. La notación tal como se expresa para obtener valores finales en Tm/acre es:

$K = (2.1 * 10^{-6}) (12-a) M^{1.14} + 0.0325 (S-2) + 0.025 (P-3)$ que transformada a unidades del sistema métrico decimal (Tm/ha) pasaría a ser:

$$K = 0.005189 * 10^{-3} (12-a) M^{1.14} + 8.03 (S-2) + 6.17 (P - 3)$$

donde:

- a = porcentaje de materia orgánica en el horizonte superficial.
- M = parámetro que queda definido por la notación:
(% de arena fina + % de limo* 100 - % de arcilla).
- S = tipo de estructura, que toma los valores: 1 (gránulo muy fino y grumo fino); 2 (gránulo fino y grumo fino); 3 (gránulo medio y grueso, grumo medio); 4 (gránulo liso, prismático, columnar y muy grueso).
- P = tipo de permeabilidad, que toma los valores: 1 (muy rápida a rápida); 2 (medianamente rápida); 3 (moderada); 4 (moderadamente lenta); 5 (lenta); 6 (muy lenta).

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

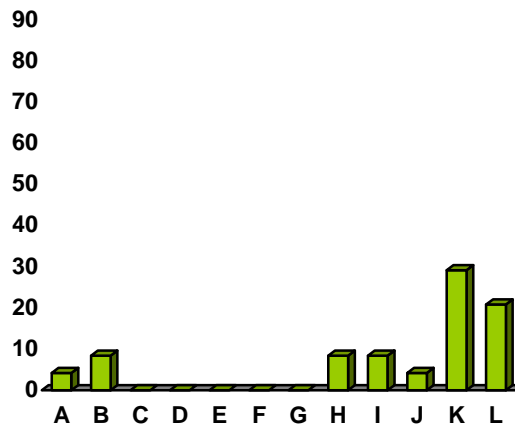
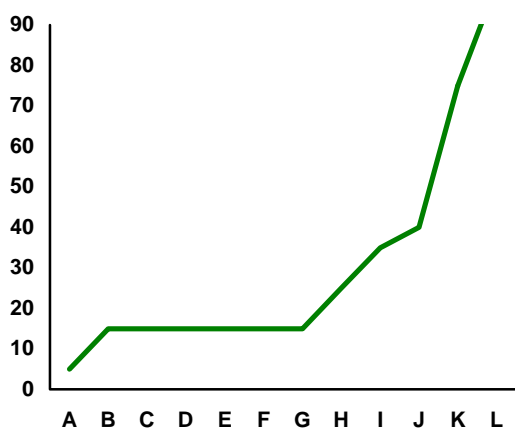


Figura 10: Distribución temporal de la erosividad. Puente Genil. Grupo V

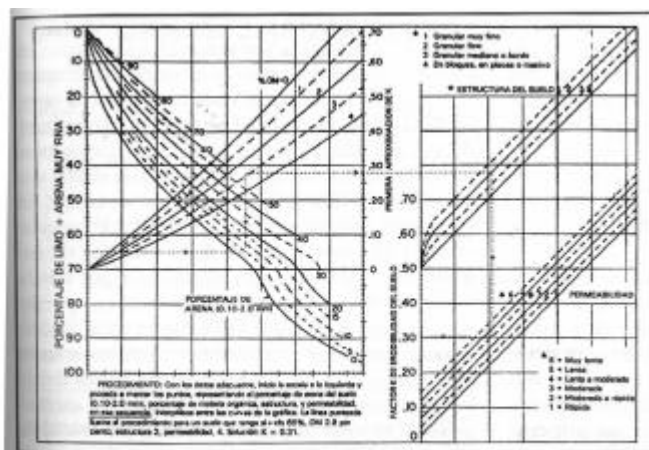


Figura 11.- Nomografía para determinar el factor de erodibilidad del suelo, K, para los suelos continentales de los Estados Unidos, (ARS, 1975)

Tabla 48.- Valores de K en función de diferentes clases de texturas

Clase de textura	Valor K	
	Tm/acre	Tm/ha
Limo	0.52	1.30
Migajón limoso	0.42	1.05
Migajón arenoso muy fino	0.41	1.02
Arena muy fina migajosa	0.38	0.95
Arena muy fina	0.36	0.90
Migajón	0.34	0.85
Migajón arcillo-limoso	0.32	0.80
Migajón arenoso fino	0.30	0.75
Arcilla	0.29	0.72
Migajón arcilloso y arcillo-arenoso	0.25	0.62
Migajón arenoso	0.24	0.60
Arcilla limosa	0.23	0.57
Arena fina migajosa	0.20	0.50
Arena fina	0.14	0.35
Arcilla arenosa	0.13	0.32
Arena migajosa	0.10	0.25
Arena	0.03	0.07

Fte: ARS, 1.975. Elaboración propia.

Esta ecuación era de utilidad para explicar, en un elevado porcentaje, la erosión producida, en unidades de peso por superficie, para cada unidad de erosividad pluvial que se considerase sobre suelos cuyas cantidades de limo más arena fina no fuesen muy superiores al 75%. A partir de dicha ecuación simplificada WISCHMEIER y col. (1971) crearían el nomograma para la medición directa del factor K, que tan difundido se encuentra en toda la bibliografía especializada y que tal como se recoge en la **Figura 11** es el método más utilizado para evaluar el factor K de un suelo.

Los límites de confianza que suelen atribuirse a esta ecuación, establecidos mediante un test y abarcando valores de K (en Tm/acre) desde 0.03 a 0.69, establecen que en el 65% de los casos las diferencias serán menores del 2% y en el 95% menores del 4%, si bien, en suelos con elevados contenidos en arcilla las desviaciones serán más acusadas.

Los valores más elevados calculados para K son de 0.92 en Tm/acre y corresponden a suelos en que la fracción limo + arena muy fina representa la práctica totalidad de la muestra analizada, siendo casi nulo el contenido en materia orgánica.

Los valores de erodibilidad que, haciendo uso de esta ecuación se obtuvieron, pueden permitirnos un primer análisis de los problemas que los diferentes suelos pueden presentar frente a la erosión. En este sentido, hay autores que han jerarquizado la erodibilidad de los suelos en función del tipo de textura de estos (ARS, 1.975) según aparece recogido en la **Tabla 48**.

Es de destacar cómo son las texturas más gruesas las que presentan los menores valores de erodibilidad, al tiempo que las muy finas poseen valores intermedios, mientras las texturas de tipo medio presentan las cifras más elevadas, siempre que se consideren similares contenidos en materia orgánica.

El factor erodibilidad del suelo así formulado ha recibido acertadas críticas, en el sentido de no haber considerado el papel de la mayor o menor abundancia de elementos gruesos en el suelo. Las últimas tendencias analizadas hacen reducir los valores de K obtenidos por esta ecuación de un 3% a un 9% según sea esta abundancia.

Hay que tener en cuenta, finalmente, que los parámetros manejados en esta ecuación se refieren siempre a los 15-20 cm. superiores del suelo, salvo los de permeabilidad que están referidos a todo el perfil.

Es preciso mencionar que los estudios de regresión planteados por WISCHMEIER fueron realizados en parcelas experimentales sometidas a condiciones de lluvia natural. Los estudios que se iniciaron posteriormente con simuladores de lluvia dan sólo una medida relativa de cómo unos y otros suelos responden a la erosión y sus resultados no pueden relacionarse directamente con las pérdidas de suelo aunque pueden ser de gran utilidad para extender los resultados obtenidos en suelos con datos de campo, a suelos que no cuenten con dichos resultados.

Adaptaciones realizadas en España.

Los numerosos estudios efectuados en España sobre la problemática de la erosión han abordado el problema de la erodibilidad del suelo bajo dos tipos de enfoques fundamentales. De una parte, estudios de tipo cualitativo en los que lo importante es, ante todo, tener una primera valoración acerca de la gravedad del problema y, sobre todo, de índole comparativa. A este grupo de estudios pertenecen los trabajos sobre delimitación de "Paisajes erosivos", "Fenómenos erosivos", etc. En estos estudios se suelen asignar valores de orden a "litofacies", atendiendo a su mayor o menor capacidad conocida para resistir a la erosión. De esta índole han sido los trabajos que, con carácter extensivo, ha abordado I.C.O.N.A. en el sureste español, (I.C.O.N.A., 1.982a) o en la elaboración del mapa de fenómenos de erosión hídrica de España (I.C.O.N.A., 1.982b). Las valoraciones asignadas a grupos de litofacies suelen basarse, bien en mapas geológicos o bien en mapas edáficos de escalas muy diversas. Es así cómo I.C.O.N.A. ha

utilizado, frecuentemente, los baremos jerárquicos que recogemos a continuación (**Tabla 49**) adaptados sobre cartografía geológica.

Tabla 49.- Jerarquización de tipos de litofacies en función de su erodibilidad.

Código*	Tipos de litofacies
1	- Rocas ígneas: ácidas, básicas volcánicas.
2	- Rocas calcáreas bien cementadas: calizas, dolomías, carnidas, calcoesquistos, márcoles y rocas afines.
3	- Rocas silíceas compactas: micaesquistos, esquitos, pizarras duras, filitas, areniscas cuarzosas, cuarcitas, pudiongas duras y afines.
4	- Rocas poco consolidadas: areniscas con poco cuarzo, molasas, granuvackas, conglomerados, maciños, calizas arenosas y margoarenosas.
5	- Formaciones blandas: argilitas, margas, yesos, facies flysch, pelitas, pizarras arcillosas, launas, margas arcillosas,...
6	- Arcillas, arenas y depósitos cuaternarios.

* 1 = Erodibilidad mínima; 6 = Erodibilidad máxima.

Tabla 50.- Valores de erodibilidad asignados a las unidades cartográficas del mapa de suelos de España.

Tipo de suelo asignado	Valor de K
Suelos aluviales, coluviales	0.40
Arenales y dunas	0.28
Suelos rendziniiformes sobre margas calcáreas	0.19
Suelos rendziniiformes sobre margas calcáreas yesíferas	0.31
Suelos rendziniiformes sobre margas calcáreas triásicas	0.31
Suelos rendziniiformes sobre materiales consolidados	0.29
Suelos grises subdesérticos	0.25
Ranker húmedo	0.15
Xeroranker	0.35
Tierra parda húmeda	0.20
Tierra parda meridional sobre rocas metamórficas	0.32
Tierra parda meridional sobre rocas ígneas	0.30
Suelos pardos sobre depósitos alóctonos	0.25
Tierra parda caliza	0.20
Suelo pardo calizo forestal	0.13
Suelo pardo calizo sobre material no consolidado	0.28
Suelo pardo calizo sobre material consolidado	0.14
Suelo pardo calizo con costra caliza	0.43
Suelo rojo mediterráneo sobre material silíceo	0.23
Suelo rojo mediterráneo sobre material calizo	0.32
Suelos pardos no calizos	0.30
Tierra fusca	0.23
Vertisuelos topomorfos	0.25
Vertisuelos litomorfos	0.30
Turberas	0.05
Suelos podsolizados	0.20

Fte: I.C.O.N.A., 1.982b.

Por otra parte, cuando se ha pretendido abordar un estudio semicuantitativo de los procesos de erosión, o al menos dar una cifra orientativa de la importancia de estos procesos, siempre se ha tendido a utilizar equiparaciones numéricas con el factor K de la U.S.L.E., huyendo de jerarquizaciones cualitativas. De este modo, en algunos trabajos (MINTEGUI et al, 1.983), se recogen valoraciones del factor edáfico tomando como referencia la cartografía edáfica existente y asimilando tipo de suelo, con los valores de K dominantes según las texturas. El mapa de suelos de España (C.S.I.C., 1.968) ha recibido las valoraciones que aparecen en la **Tabla 50**.

Ha habido, igualmente, estudios de índole cuantitativa en los que se han llevado a cabo toma de muestras en campo para aplicar directamente las fórmulas planteadas por la U.S.L.E. con los parámetros que requiere. En este sentido, son frecuentes tales cálculos en los estudios realizados para la corrección de cuencas hidrográficas, en las cuales suele muestrearse el terreno, bien utilizando una malla geométrica, bien realizando una delimitación previa de unidades homogéneas por su fisiografía. Sin embargo, hemos de insistir, una vez más, en la falta de experimentación en campo. En este sentido, los valores de erodibilidad que cualquier estudio utilice como resultado de la aplicación del nomograma o las ecuaciones establecidas por WISCHMEIER, no ofrecerá más que unos datos de uso comparativo, ya que no han sido calibrados en zonas mediterráneas, sometidas a condiciones medioambientales muy diferentes a las que rigen en las tierras donde WISCHMEIER desarrolló su fórmula. Sería, pues, esencial definir la relación de pérdidas de suelo por unidad de erosividad de lluvia para cada tipo de suelo en zonas mediterráneas.

Adaptación del factor K a la zona estudiada.

Como ocurriera en el caso del factor de erosividad pluvial, la falta de estudios experimentales sobre el terreno con series estadísticas adecuadas impide que se aborde un estudio de erodibilidad de los suelos con las máximas garantías para los resultados a obtener. Dicho esto, es evidente que si se pretende aplicar la U.S.L.E. será preciso adoptar la ecuación que define el factor de erodibilidad como originalmente fue delimitado por sus autores. Ya se ha mencionado que los trabajos experimentales de WISCHMEIER dieron lugar a una ecuación paramétrica que permitía expresar la relación existente entre pérdida de suelos por unidad de erosividad pluvial, considerando varias características propias del suelo. Como resultado de la aplicación de esta ecuación quedó, igualmente, definido el nomograma que se ha recogido en páginas anteriores y que es de uso muy común. Por consiguiente, la opción tomada en este trabajo ha sido aplicar la ecuación definitoria del factor erodibilidad del suelo que estableciera su autor y que ha sido llevada a la práctica sobre los parámetros oportunos de los múltiples suelos que se han utilizado en este estudio. Para llevar a cabo esta aplicación ha sido precisa la elaboración de un programa de ordenador que realizase los cálculos necesarios y que evaluase la erodibilidad de los primeros 20 centímetros definitorios del suelo en una primera fase y del horizonte subyacente a esta zona superficial, para poder observar la posible evolución en caso de pérdidas del horizonte suprayacente. Este programa de ordenador, integrado junto con los realizados para analizar el resto de factores que condicionan y definen las pérdidas de un suelo, constituye un paquete de programas que permite no sólo una aplicación automatizada de la ecuación universal de pérdidas de suelo, sino también una evaluación de alternativas según sean cambiados los condicionantes internos o externos al suelo, como veremos más adelante.

Obviaremos repetir, nuevamente, las fórmulas empleadas para la definición del factor K, pero sí mencionaremos que se ha tenido especial cuidado en la aplicación adaptada a medidas

del sistema métrico decimal, y que se ha introducido un factor de corrección que disminuye el resultado de la erodibilidad en un 3% en el caso de pedregosidad escasa, un 6% en el de pedregosidad moderada y un 9 % en el de pedregosidad elevada. Con ello, recogemos las críticas de algunos especialistas que echaban en falta la pedregosidad como condicionante de una menor erodibilidad de los suelos. Es preciso añadir que ha sido necesaria una labor previa de homogeneización de los distintos parámetros que intervienen en la fórmula, ya que los suelos empleados provenían de múltiples fuentes con métodos de análisis, a veces, dispares.

En este sentido, hay que señalar que, de las cuatro variables del suelo que intervienen en la fórmula empleada para la determinación de la erodibilidad, (materia orgánica, textura, permeabilidad y estructura), ninguna de ellas aparecía constante en todos los suelos utilizados. Así, la estructura unas veces se describía según clasificaciones americanas y otras según clasificaciones francesas. La permeabilidad, que afecta a todo el perfil hubo de ser deducida, en la mayoría de los casos, a través de los datos descriptivos morfológicos de los diferentes suelos. La materia orgánica unas veces aparecía como tal reflejada y otras como contenido en carbono orgánico, procediéndose, en estos casos, a realizar una aproximación al contenido en materia orgánica empleando el factor de conversión por multiplicación, 1,724, que se recoge en bibliografías especializadas. El análisis granulométrico que, en general, aparece descrito para las fracciones de arena gruesa (2-0.2 mm), arena fina (0.2-0.05 mm), limo (0.05-0.002 mm) y arcilla (<0.002 mm) planteó también algunos problemas. En determinadas fuentes (I.N.I.A., 1.975), no se diferenciaban arena gruesa y arena fina, por lo que se procedió, como única solución viable, a utilizar como dato de referencia el 50% de la proporción de arena para incluirla como arena fina. Hay que mencionar, igualmente, que el análisis textural que usualmente se emplea en las descripciones de suelos que se efectúan en España no incluye una separación entre arena fina (0,25 -0,1 mm) y arena muy fina (0.1-0.05 mm), que es la fracción utilizada por la U.S.L.E. para evaluar el factor K. No obstante, hemos obviado este hecho puesto que los resultados no pretenden ser un reflejo absoluto de la realidad (nunca lo serían por la falta de experimentación en el campo como ya se ha mencionado). Este hecho hará que el factor K sea evaluado algo por encima del resultado que se obtendría si se dispusiera de los datos de contenido de arena muy fina, puesto que, como vimos, los suelos con mayor contenido de arena muy fina más limo eran los que poseían valores más elevados de erodibilidad. En resumidas cuentas, ha sido preciso un detenido y prolongado análisis de todos y cada uno de los perfiles de suelos utilizados para llegar a establecer unos criterios uniformes y comunes a todos ellos de cara a la evaluación del factor K.

Se ha mencionado anteriormente la variabilidad de los datos utilizados en la definición de la erodibilidad intrínseca de los suelos del Valle Central del Guadalquivir, y cómo la opción final, al carecerse de las imprescindibles constataciones de campo, constituye sólo un indicador relativo acerca de la susceptibilidad a la disgregación de estos suelos sometidos a la unidad de energía erosiva. No obstante, los resultados obtenidos, como veremos, muestran, en general, una buena relación con los obtenidos, para suelos similares, por otros autores.

Seguidamente se analizará la distribución de la erodibilidad en las diferentes unidades morfoedáficas definidas, así como su variación con la profundidad del perfil edáfico y su relación con los parámetros que otros autores han considerado más directamente vinculados con dicha erodibilidad (ARS, 1975). Un resumen de los valores de K y su relación con estructura y textura aparece en la **Tabla 51**.

**Tabla 51.-EVALUACION DE LA ERODIBILIDAD DE LOS SUELOS FACTOR K. U.S.L.E.)
RELACION CON TEXTURA Y ESTRUCTURA**

Un.Car.	Suelo	Factor K		Textura		Estructura	
		Horiz.I	Horiz.II	Horiz. I	Horiz.II	Horiz.I	Horiz.II
02	SE-16	1,02	0,02	Franco-arcillo-arenosa	Arenosa	Subangular	Prismática
03	CO-27	0,33	0,38	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Migajosa-grumosa
05	CO-25	0,79	0,46	Franca	Franca	Sin estructura	Migajosa-grumosa
06	J-13	0,54	1,07	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Subangular
07	J-31	1,10	0,93	Franco-limosa	Limo-arcillosa	Granular	Subangular
08	SE-127	0,56	0,54	Arenoso-franca	Limo-arenosa	Migajosa-grumosa	Migajosa-grumosa
09	SE-105	0,52	0,57	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Angular
10	SE-129	0,60	0,90	Limo-arenosa	Limosa	Migajosa-grumosa	Migajosa-grumosa
12	J-6	0,31	0,59	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Masiva
13	J-40	1,01	1,01	Arenoso-limosa	Limo-arenosa	Granular	Angular
14	CO-30	0,32	0,55	Arenoso-franca	Arcillosa	Migajosa-grumosa	Subangular
15	J-48	0,63	0,65	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Subangular
16	CO-38	0,45	0,39	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Subangular
17	J-20	0,97	1,18	Franco-arenosa	Arcillo-arenosa	Migajosa-grumosa	Subangular
18	SE-4	0,81	1,36	Franca	Franca	Prismática	Prismática
19	CO-51	0,49	0,67	Arcillosa	Arcillosa	Migajosa-grumosa	Masiva
20	CO-53	0,97	0,99	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillosa	Subangular	Subangular
21	CO-9	0,81	1,03	Franco-arcillosa	Franco-arcillo-limosa	Granular	Subangular
22	SE-17	0,82	0,96	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Granular	Granular
23	SE-73	0,85	1,07	Franco-arenosa	Franco-arcillo-arenosa	Migajosa-grumosa	Granular
24	J-19	0,10	0,11	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Subangular
25	CO-1	0,44	0,14	Franco-arenosa	Arenosa	Migajosa-grumosa	Prismática
26	J-7	0,23	0,26	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Migajosa-grumosa
27	J-46	1,52	0,20	Limo-arenosa	Limo-arenosa	Granular	Subangular
28	J-47	0,56	0,14	Limo-arcillosa	Propia del Mat.orig.	Granular	Prismática
29	J-5	0,61	0,79	Arcillosa	Franco-arcillosa	Subangular	Masiva
30	SE-122	0,87	0,81	Arenoso-franca	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Subangular
31	SE-66	1,43	1,27	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Columnar
32	SE-124	0,49	0,56	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Angular
33	SE-53	1,06	0,69	Franca	Franco-arcillosa	Migajosa-grumosa	Migajosa-grumosa
34	SE-6	1,21	1,88	Franca	Franca	Migajosa-grumosa	Angular
35	SE-101	0,63	1,25	Arenosa	Franco-arenosa	Migajosa-grumosa	Sin estructura
36	SE-58	2,03	2,00	Arenosa	Arenosa	Sin estructura	Sin estructura
37	SE-1	0,81	0,75	Arcillosa	Arcillosa	Masiva	Masiva
38	SE-118	0,67	0,64	Arcillosa	Arcillosa	Subangular	Angular
39	SE-12	0,66	0,56	Arcillosa	Arcillosa	Masiva	Columnar
40	SE-10	0,70	0,86	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillo-limosa	Angular	Angular
41	SE-50	1,99	1,32	Arenoso-franca	Franco-arcillo-arenosa	Sin estructura	Masiva
42	SE-138	0,54	0,56	Arcillo-limosa	Arcillo-limosa	Granular	Subangular
43	CO-63	0,32	0,25	Arcillosa	Arcillosa	Migajosa-grumosa	Subangular
44	SE-5	0,56	0,90	Arcillosa	Arcillosa	Migajosa-grumosa	Prismática
48	SE-15	1,93	0,22	Franco-arenosa	Arenosa	Sin estructura	Sin estructura
50	SE-114	0,66	0,76	Arcillo-arenosa	Arcillosa	Migajosa-grumosa	Masiva
51	CO-13	0,04	0,68	Arcillosa	Franco-arcillosa	Migajosa-grumosa	Granular

Distribución espacial de la erodibilidad en los suelos en el Valle Central del río Guadalquivir.

Haciendo una descripción de la erodibilidad de los suelos en función de las unidades cartográficas definidas en este estudio, y considerando el mismo orden con que han descrito las grandes unidades fisiográficas, podemos destacar lo siguiente:

- La unidad fisiográfica conformada por todos aquellos suelos denominados de vegas y llanuras de inundación (unidad 23) tanto en el horizonte superficial (1,05), como en el subyacente (1,10), presentan una erodibilidad elevada. Las desviaciones de los valores de K para los 27 suelos estudiados, con respecto a las medias son también elevadas ($\sigma=0,39$), existiendo suelos que dan cifras de K próximas a 0,5 y otros que llegan a 2,0, en función de una gran variabilidad de los factores que se utilizan para medir dicha erodibilidad.

Comparados estos valores medios obtenidos para el valle central del Guadalquivir, con los asignados por ICONA (1982 a), para suelos aluviales y coluviales ($K=0,4 \text{ Tm./acre}= 1,0 \text{ Tm./ha.}$) parece existir una buena relación de cifras.

- La unidad fisiográfica de terrazas (unidades geomorfoedáficas 16, 17 y 30), presenta, igualmente, valores relativamente elevados de K, existiendo ciertos matices entre las tres unidades que la integran (**Tabla 50**).

Los suelos con menor erodibilidad en esta gran unidad son los suelos rojos (unidad 16), con valores medios superficiales de 0,80, y 0,78 en el horizonte subyacente. Todos los suelos de este tipo presentan valores similares, con una desviación típica media de 0,2.

Los suelos propios de terrazas medias del Guadalquivir (unidad 30) y de las terrazas altas aparecen con los valores de K más elevados para esta unidad, alcanzando $K=0,86$ para todo el conjunto. Sin embargo, los valores medios ocultan desviaciones fuertes que, sobre todo, en las terrazas altas (unidad 17) dan valores superiores a 1,0.

- El conjunto de coberteras detríticas, constituido por las unidades cartográficas de Alfisoles e Inceptisoles sobre conglomerados y areniscas calcáreas de glacis y conos (43), y Entisoles y Alfisoles sobre coluviones y depósitos de rañas (7), ofrecen un panorama muy variado.

Los Alfisoles e Inceptisoles sobre glacis (43), presentan valores de K moderados ($x=0,73$), disminuyendo la erodibilidad en profundidad hasta alcanzar un valor medio de 0,62. Los perfiles incluidos en esta unidad ofrecen escasas oscilaciones ($\sigma=0,26$) para suelos típicos del suroeste de Córdoba y sureste de Sevilla.

Los Entisoles y Alfisoles desarrollados sobre los conglomerados arenas y arcillas del sur del Aljarafe (unidad 48), tienen valores de K muy elevados en superficie (1,92), disminuyendo a moderadamente altos en profundidad (0,92).

Los Entisoles y Alfisoles propios de coluviones y rañas (unidad 7), presentan valores de K moderados pero más bajos, en conjunto, que el resto de unidades calificadas como coberteras detríticas ($x=0,61$). En profundidad, sin embargo, aumenta la erodibilidad de estos suelos hasta valores medios de 0,75. Este hecho hace evidente que un proceso de erosión sobre estos suelos implique un agravamiento del mismo en el futuro por aumento de la erodibilidad en profundidad.

- En las zonas de influencia fluvio-mareal las situaciones son relativamente homogéneas.

Los Entisoles sobre limos, que constituyen la unidad fisiográfica de Marisma Virgen (unidades 37,50 y 52), presentan valores de K bajos ($x=0,94$) para los suelos con costras salinas) a moderados ($K=0,66$ para las zonas con mayor frecuencia de inundación). En estos suelos se produce también un cierto aumento de la erodibilidad a mayor profundidad, pero en ello es evidente que, el predominio de procesos de acumulación de sedimentos sobre un relieve llano, resta importancia a este factor.

Algo similar ocurre sobre los suelos de las "Marismas saneadas" (unidad 38), donde los valores de K llegan a ser de 0,63, aumentando en profundidad hasta 0,72 y en los que, al estar sometidos a intenso uso humano, la erodibilidad es un factor más a considerar en la erosión, ya que los procesos naturales de acumulación han sido aquí impedidos.

Las tierras de transición entre Marismas y Campiñas (unidad cartográfica 39) y Vegas (unidad 40), ofrecen valores moderadamente altos (0,83) en superficie para la transición a la Campiña y (0,80) para la transición a las Vegas. Estos valores aumentan, en general, para los horizontes subyacentes, aproximándose en ambos casos al valor 0,90.

Para las zonas con predominio de morfogénesis denudativa los resultados obtenidos varían fuertemente.

- Sobre Cerros de fuerte influencia estructural y tectónica, calificados como medios inestables (Entisoles y Vertisoles sobre margas abigarradas triásicas-unidad 22), los valores medios de K son moderados ($x=0,67$), si bien hay algunos suelos que ofrecen valores altos (>1). Estas cifras son comparables, aunque algo menores a las asignadas por ICONA (1.982 b), para suelos similares en otros lugares.

Los cerros con influencia estructural calificados de medios estables (unidad 51 de Inceptisoles y Litosoles sobre calizas margosas propios del piédemonte subbético), ofrecen un valor medio de K bajo ($x=0,43$) si bien este valor aumenta bastante en profundidad ($x=0,60$ en el horizonte subyacente). Esta cifra es igualmente similar, aunque también inferior al valor asignado por ICONA (1982 b) a las "tierras pardas calizas" (0,5).

- Sobre Colinas con moderada influencia estructural la variedad de unidades que las conforman dan lugar a situaciones diversas:

Para los denominados medios inestables, representados por cuatro unidades cartográficas, destacaremos que, los Entisoles y Vertisoles sobre margas calcáreas propios de las campiñas y tierras próximas a la Loma de Ubeda (unidad 15), los valores de K, tanto en superficie, como en profundidad, son moderados, como corresponde a suelos arcillosos ($K=0,63$). Los Vertisoles y Alfisoles sobre margas arenosas de las campiñas de Córdoba y Jaén (unidad 21), ofrecen valores altos y uniformes para los horizontes superficiales y subyacentes ($x=1,13$). Los Entisoles sobre conglomerados, arenas y margas con costras (unidad 28) del sureste de Jaén presentan valores de K moderados en superficie ($K=0,56$) y muy bajos en profundidad (0,14) dada la presencia de costras y pedregosidad. Finalmente, los Inceptisoles y Vertisoles sobre margas abigarradas triásicas (unidad 42), de las campiñas próximas al subbético, tienen una erodibilidad moderada ($K=0,78$), si bien hay suelos con valores más elevados.

Para los llamados medios estables, las unidades morfoedáficas también muestran valores dispares. Los Entisoles y Alfisoles sobre areniscas y margas del piedemonte de Sierra Morena (unidad 14), ofrecen valores moderados ($K=0,70$). Los Entisoles e Inceptisoles sobre areniscas y conglomerados triásicos (unidad 10), presentan una erodibilidad moderadamente alta en superficie ($K=0,86$) y alta en profundidad ($K=1,26$) lo cual hace considerar como grave el riesgo de degradación de las capas superficiales de estos suelos, que llevaría a una mayor aceleración de procesos erosivos por aumento de la erodibilidad en profundidad. Por último, las típicas albarizas (unidad 44) ofrecen un valor de erodibilidad moderada en superficie ($K=0,70$) y moderadamente alta en profundidad ($K=0,86$).

Sobre "Lomas y llanuras" existen, asimismo, distintas situaciones:

Para las tierras calificadas como medios inestables (unidad 27 de Entisoles e Inceptisoles sobre margas arenosas del sureste de Jaén) los valores de K son elevados (1,26) acordes con los paisajes erosivos que sobre esta unidad se desarrollan, aunque en profundidad la erodibilidad desciende a valores muy bajos ($K=0,2$).

En los llamados medios estables se han cartografiado múltiples unidades, cada una de las cuales presenta una erodibilidad diferenciada. En los Mollisoles, Entisoles y Vertisoles sobre margas calcáreas de las campiñas (unidad 20), los valores de erodibilidad son moderados en superficie ($K=0,73$) y moderadamente altos en profundidad (0,82), siendo estos valores superiores a los asignados por ICONA (1982 b) a suelos similares descritos en el mapa de los

suelos de España (C.S.I.C. 1968). Los Vertisoles sobre margas arcillosas calcáreas de las Campiñas de Sevilla y Córdoba (unidad 19), ofrecen valores de erodibilidad moderados en superficie y profundidad ($K=0,65$ y $0,76$ respectivamente), los cuales son similares a los valores asignados por ICONA a "Vertisoles topomorfos" ($K=0,62$). Los Entisoles y Alfisoles sobre arenas calcáreas y margas arenosas del piedemonte de Sierra Morena (unidad 18), se caracterizan por una erodibilidad moderadamente alta en superficie ($K=0,89$), aumentando en profundidad hasta valores medios de $0,98$. Los Vertisoles sobre margas, conocidos como "bujeos" (unidad 32), tienen una erodibilidad moderada en superficie ($K=0,65$) y profundidad ($K=0,71$), acorde con las características arcillosas de estos suelos. Estos valores son muy semejantes a los asignados por ARS (1975) para texturas arcillosas ($K=0,72$) y por ICONA (1982 b) para Vertisoles topomorfos ($K=0,62$). Los Alfisoles e Inceptisoles sobre margas arenosas del Aljarafe (unidad 33), ofrecen una erodibilidad elevada en superficie ($K=1,0$) y algo menor en profundidad. Los Entisoles sobre margas arenosas del piedemonte de Sierra Morena (unidad 34), presentan, igualmente, valores de erodibilidad moderadamente alta en superficie, ($K=0,82$), aumentando sensiblemente en profundidad ($K=1,19$), siendo suelos sometidos a un grave riesgo de degradación por erosión. Los típicos suelos rojos del Aljarafe (unidad 35), se caracterizan por una erodibilidad elevada ($K=1,07$) aumentando en profundidad y haciendo evidente la inestabilidad de los suelos del sistema de tierras de El Aljarafe. Los Alfisoles e Inceptisoles desarrollados sobre arenas con pseudogley del sur de El Aljarafe, ofrecen también valores elevados de erodibilidad ($x=0,92$), si bien existen suelos donde la textura arenosa lleva estos valores casi a cero, los cuales contrastan con otros donde la carencia de estructura da lugar a los mayores valores de erodibilidad del territorio estudiado ($K=2,03$). Por último, los entisoles y alfisoles sobre areniscas y costras calizas (unidad 41), propios del suroeste de Sevilla, ofrecen valores elevados de erodibilidad ($K=1,23$), decreciendo algo en profundidad.

Las unidades fisiográficas de origen dominante estructural dan lugar a muy variadas situaciones.

- Sobre formas Kársticas los valores de erodibilidad intrínseca de los suelos suelen ser bajos y, aunque el número de perfiles analizados ha sido muy escaso (4 en total), tanto para los suelos desarrollados sobre "Crestas monoclinales" (unidad 9) de Sierra Morena, como para los existentes sobre "Plataformas" subbéticas (unidad 24), la erodibilidad oscila entre $0,10$ y $0,50$, correspondiendo a las texturas arcillosas de los mismos y haciéndose palpable que serán otros fenómenos, como la disolución, las constantes de los procesos de erosión sobre estas formas. No obstante, el fuerte relieve imperante en estas unidades hace que la erosión pluvial tenga mayor incidencia de la que cabría suponer en función de la erodibilidad intrínseca.

Sobre la unidad fisiográfica de "Alineaciones montañosas" los resultados obtenidos en el estudio de la erodibilidad de las unidades cartográficas que la integran, muestran una clara dicotomía entre dos zonas. En las unidades pertenecientes a los sistemas de tierras de Sierra Morena (unidades cartográficas 2 y 5), la erodibilidad alcanza valores moderados a altos ($x=0,68$ para los Entisoles e Inceptisoles sobre pizarras metamórficas unidad 5) y $x=0,82$ para los Litosoles y Entisoles sobre los mismos materiales (unidad 2), disminuyendo en profundidad en razón de una mayor pedregosidad.

En las unidades incluidas en los sistemas de tierras de las sierras subbéticas la erodibilidad aparece más baja, alcanzando el valor $0,44$, para los Entisoles y Litosoles sobre calizas y margas (unidad 25) y $0,23$ para los Entisoles y Litosoles sobre calizas y dolomías.

Estos valores descienden notablemente en profundidad. No obstante, nuevamente, el escaso número de suelos analizados en estas unidades subbéticas obliga a tomar con precaución estos valores de erodibilidad.

- Sobre "Colinas y superficies de aplanamiento" de Sierra Morena los valores de erodibilidad son bajos a moderados. Para los Inceptisoles sobre pizarras (unidad 6), la erodibilidad es baja ($K=0,42$) aumentando a moderada en profundidad ($K=0,72$). Para los Inceptisoles y Entisoles sobre pizarras y cuarcitas (unidad 8), la erodibilidad es moderada tanto en superficie, como en profundidad. ($K=0,54$).

- En los "Relieves montañosos con influencia de fenómenos endógenos" (unidad 1 de Litosoles y Entisoles sobre granitos) los valores de erodibilidad son muy bajos ($K=0,25$).

Para los "Relieves acolinados con influencia de fenómenos endógenos" la erodibilidad aumenta hasta llegar a ser moderada, tanto en superficie, como en profundidad ($K=0,61$).

- Finalmente, los "Relieves tabulares" abarcan tres unidades morfoedáficas en las que la erodibilidad es variada. Sobre los Entisoles e Inceptisoles de la Cuesta de Jaén (unidad 12), el factor K muestra unos valores bajos en superficie ($x=0,31$) y moderados en profundidad. Esta erodibilidad es alta para los Alfisoles sobre areniscas calcáreas de la Loma de Ubeda (unidad 13), donde los valores de K se sitúan en 1,01. También es moderadamente alta para los Alfisoles propios del sistema de tierras de los Alcores en Sevilla (unidad 31), donde K aparece con un valor de 0,91, si bien disminuyendo en profundidad.

En resumen, y considerando la distribución espacial de la erodibilidad a nivel de grandes sistemas de tierras podemos decir que:

- Las Marismas ofrecen valores bajos de erodibilidad ($K=0,44$), si bien esta aumenta en las tierras "saneadas" ($K=0,63$) y se convierte en moderadamente alta en las zonas de transición a las Vegas y Campiñas ($K=0,80$).

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

- 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 el sistema denominado El Campo (provincia de Sevilla) 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 (provincia de Sevilla) 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.

El sistema denominado Condado-Guarromán, en Jaén, aparece también bajo una erodibilidad moderada (K entre 0,63 y 0,70).

Finalmente, Las Campiñas orientales de Jaén y las Campiñas de margas yesíferas ofrecen valores entre 0,73 y 0,78, siendo su erodibilidad moderadamente alta.

- En los sistemas de Terrazas y Coberteras detríticas predomina, asimismo, una erodibilidad de moderada a moderadamente alta, si bien, hay zonas en que esta es muy alta. Así ocurre en los "Arenales y cabezos al norte de las marismas", 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), mientras en las "Coberteras detríticas del sureste de Jaén" estos valores oscilan entre moderados y altos según los sectores (K entre 0,56 y 1,52). 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 incluidos en las unidades fisiográficas tabulares los valores oscilan desde muy bajos para la Cuesta de Jaén, (K=0,31), hasta altos para La Loma de Ubeda y 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 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 unidades estructurales (valores entre 0,42 y 0,68) incluidas en Sierra Morena. Pero es moderadamente alta e incluso alta en el Frente y Piedemonte de Sierra Morena y en el sistema denominado 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.

Tabla 52.- Valores medios de K para diferentes texturas (Tm/ha)*, en el valle central del Guadalquivir.

Textura	x	σ	$\sigma \times n^{-1}$	Número de horizontes Analizados
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
Material original	0.21	0.01	0.01	3

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

Relaciones de la erodibilidad de los suelos con la textura y la estructura.

En la **Tabla 51** aparecen recogidos los valores de erodibilidad para los horizontes superficial y subyacente de todos los perfiles edáficos-tipo analizados, así como la textura y estructura que los definen. Un análisis estadístico de correspondencias, para averiguar la relación existente entre la erodibilidad y la textura, se ha llevado a cabo recogiendo sus resultados en la **Tabla 52**. Un estudio similar fué realizado por ARS (1975) para suelos de Estados Unidos (véase Tabla 47), siendo significativa la comparación de resultados. Al realizar un análisis semejante, relacionando la erodibilidad y la estructura, la variabilidad de la primera, dentro de cada estructura, ha impedido obtener conclusión alguna salvo la falta de relación directa entre ambas, por lo que sólo haremos referencia a la relación de textura y erodibilidad. Es de destacar, cómo es en aquellas texturas en que interviene la fracción de arena, donde se producen las mayores disparidades de resultados. Esto es lógico si tenemos en cuenta que en los análisis de textura que se suelen realizar por los diferentes centros de estudios en Edafología en España se emplean las divisiones texturales internacionales, mientras el factor K, en origen, fue definido utilizando las divisiones texturales del U.S.D.A., en las que las fracciones de arena son diferentes, sobre todo en la consideración de arena fina y muy fina en este último sistema, frente a la sola consideración de arenas finas en el sistema internacional. Por otra parte, resulta llamativa la disparidad de resultados obtenidos para las texturas limosas, las cuales presentan mayor erodibilidad en los estudios de ARS, que la obtenida como valor medio para los suelos limosos del Valle del Guadalquivir. Ello se debe a que la división textural utilizada en España incluye en limos las fracciones 0,02 a 0,002, mientras que el U.S.D.A. incluye en la textura limos, las fracciones 0,05 a 0,002, englobando, pues, parte de las arenas finas de la clasificación internacional.

Un examen pormenorizado de cada una de las clases texturales y de los valores medios que presentan nos muestra lo siguiente:

Las texturas arcillosas ofrecen unos valores medios de erodibilidad moderados ($K=0,55$), pero sensiblemente inferiores a los obtenidos por ARS para Estados Unidos ($0,72$). En el total de perfiles con texturas arcillosas (121) las desviaciones con respecto al valor medio son bajas. ($\sigma=0,2$).

Las texturas arcillo-arenosas, por el contrario, aparecen con valores de erodibilidad moderada en el Valle del Guadalquivir ($K=0,72$), frente a los valores muy bajos asignados por ARS a este tipo textural ($K=0,32$). Las desviaciones con respecto a la media son algo más elevadas que el caso anterior ($\sigma=0,34$).

Las texturas arcillo-limosas presentan valores muy similares, aunque superiores, en el Valle del Guadalquivir y en los estudios de ARS ($K=0,68$ frente a $0,57$), siendo las desviaciones de los 23 perfiles analizados, con respecto a la media, bajas ($\sigma=0,28$).

Las texturas arenosas ofrecen, curiosamente, valores elevados de erodibilidad y muy acordes con los facilitados por ARS ($K=0,93$ frente a $0,90$). No obstante, las desviaciones de los 29 perfiles estudiados con relación a este valor medio son considerables ($\sigma=0,69$).

La textura arenosa-franca presenta valores también superiores en este estudio ($0,78$) a los obtenidos por ARS ($0,50$), si bien, las desviaciones de los 27 perfiles analizados con respecto a esta media, son relativamente elevadas ($\sigma=0,44$). Para la textura areno-limosa el valor medio de erodibilidad es el más elevado de todas las consideradas ($K=1,35$), siendo muy

superior al asignado por ARS a texturas similares en Estados Unidos ($K=0,95$). Las desviaciones de los 11 perfiles analizados con relación a dicho valor medio son bajas ($\sigma=0,28$).

La textura franca (migajón en la clasificación del U.S.D.A.) aparece igualmente con valores elevados de erodibilidad en el Valle del Guadalquivir ($K=1,04$), y sensiblemente superiores a los asignados para esta textura en suelos americanos ($K=0,85$). Las desviaciones de los 35 suelos estudiados con relación a este valor medio son moderadamente elevadas ($\sigma=0,44$). Para la textura franco-arcillosa los valores de erodibilidad son moderados ($K=0,78$) y algo superiores a los asignados para similar textura en Estados Unidos ($K=0,62$), siendo las desviaciones encontradas con respecto a la media bajas ($\sigma=0,20$) para un total de 66 perfiles.

La textura franco-arcillo-arenosa ofrece valores moderadamente elevados de erodibilidad ($K=0,83$) e igualmente superiores a los dados por ARS en Estados Unidos ($K=0,62$). Las desviaciones de los 53 perfiles analizados son bajas ($\sigma=0,29$).

En el caso de texturas franco-arcillo-limosa, los valores medios de erodibilidad aquí obtenidos ($K=0,85$) son muy similares a los definidos para suelos americanos con esta textura. No obstante, el valor sigue siendo superior y la desviación del conjunto de perfiles estudiados muy baja ($\sigma=0,19$).

Para las texturas franco-arenosas los valores de erodibilidad han resultado ser moderadamente elevados ($K=0,86$), pero más bajos que los asignados por ARS ($K=1,02$), aunque las desviaciones con respecto a la media son elevadas ($\sigma=0,46$). Algo similar sucede con la textura franco-limosa que, alcanzando en el Valle del Guadalquivir valores moderados ($K=0,77$), es definida por ARS con un valor de erodibilidad elevada en Estados Unidos ($K=1,05$).

En las texturas limosas estas diferencias son más notables, ya que en el Valle del Guadalquivir el valor de la erodibilidad para estos suelos es moderadamente alto ($K=0,87$), mientras que en los suelos estudiados por A.R.S. los valores son sensiblemente más altos ($K=1,30$). Hay que hacer notar que la práctica totalidad de los suelos con texturas limosas en Andalucía se relacionan con zonas de marismas, lo cual justifica, en parte, esta menor erodibilidad.

Los suelos de textura limo-arcillosa, tanto en nuestro estudio, como en el de A.R.S. poseen valores de erodibilidad moderadamente elevados. ($K=0,90$ y $0,80$ respectivamente), aunque algo superiores en el Valle Guadalquivir.

Finalmente, las texturas limo-arenosas ofrecen valores sensiblemente iguales para ambos estudios ($K=1,0$), si bien, existen para el Valle Central del Guadalquivir unas desviaciones elevadas con respecto a dicho valor ($\sigma=0,58$).

Es preciso añadir que los datos aportados por ARS (1.975), hacen referencia a texturas diferentes pero con contenido en materia orgánica, estructura y permeabilidad similares, mientras que los datos aquí analizados presentan grandes variaciones en estructura y, sobre todo, de contenido en materia orgánica, notablemente inferior a los contenidos de los suelos analizados por ARS. Esto justificaría, igualmente, la mayor erodibilidad en conjunto, de los suelos analizados en función de su textura para el Valle del Guadalquivir frente a suelos de similar textura en América del norte. Así 10 de las 15 texturas comparadas ofrecen mayor erodibilidad en Andalucía, 1 es similar y sólo 4 ofrecen valores inferiores a los suelos

americanos, siendo destacable el caso de los suelos arcillosos por su gran abundancia en el territorio estudiado.

Algunas consideraciones finales sobre la erodibilidad de los suelos.

Resulta evidente, a la luz de los resultados obtenidos, la variación de los valores de la erodibilidad de los suelos estudiados con respecto a los asignados a suelos situados en el lugar donde se originó la ecuación universal de pérdida de suelos. Este hecho corrobora la idea de la necesidad de establecer parcelas-piloto para el estudio del comportamiento real de los suelos propios de zonas mediterráneas sometidos a condiciones de erosividad natural. Es preciso validar en campo este factor de erodibilidad intrínseca, ya que, si esto no se hace, se corre el riesgo de utilizar datos absolutamente teóricos, que, podrían distanciarse bastante de la realidad. No obstante, la tónica general de los resultados obtenidos es lo suficientemente consistente y acorde con las manifestaciones externas de la erosión en las tierras estudiadas, como para que puedan ser utilizadas como un precioso indicador de la susceptibilidad a la erosión por la energía cinética de la lluvia. Un elemento de confusión, difícilmente soslayable al hacer uso de informaciones que, en origen, difieren de los factores que definen la erodibilidad, se plantea al utilizar análisis texturales que no concuerdan con los empleados por WISCHMEIER (1.965). En este sentido, sólo un cambio en la adopción de análisis textural o un replanteamiento de la formulación de este factor K en función de los resultados que se obtuviesen de parcelas piloto solucionaría dicho problema.

Finalmente, es necesario mencionar que, aunque en este estudio se ha introducido un factor de corrección para contemplar la mayor o menor abundancia de pedregosidad en los suelos analizados, la fórmula de WISCHMEIER no la contemplaba y, por consiguiente, la indudable influencia de los elementos gruesos en la erodibilidad queda reflejada de un modo muy relativo. Esto pone nuevamente en evidencia la necesidad de establecer parcelas piloto en las que calibrar los suelos de latitudes mediterráneas.

c) Definición de factores fisiográficos. (Factor LS).

Longitud y gradiente de la pendiente son los factores fisiográficos que WISCHMEIER encontró altamente relacionados con las pérdidas de suelos. Aunque este autor planteó la formulación de ambos factores por separado, posteriormente se establecieron como un factor topográfico único, conocido como LS. La longitud de la pendiente fue definida como la distancia desde el punto de origen del flujo del agua sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye suficientemente como para que se produzca la sedimentación de partículas en suspensión o hasta el punto en que se introduce la escorrentía en un canal definido, bien sea éste perteneciente a la red hidrográfica o a un canal artificial. El gradiente de la pendiente se define como un segmento de pendiente expresado como un porcentaje.

No obstante, antes que estos factores fuesen parametrizados para ser empleados en la U.S.L.E., fueron diversos los autores que analizaron la influencia de la pendiente y la longitud de la pendiente en la pérdida de suelos. Así, ZING (1.940) planteó una relación que definía las pérdidas de suelo en función del gradiente de la pendiente y de un exponente (S^n , donde $n = 1.49$). Para MUSGRAVE (1.947) el coeficiente era menor ($n = 1.35$). WISCHMEIER (1.958) en