



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# EL FACTOR K DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO (USLE)

<b>Apellidos, nombre</b>	Gisbert Blanquer, Juan Manuel ( <a href="mailto:jgisbert@prv.upv.es">jgisbert@prv.upv.es</a> ) Ibáñez Asensio, Sara ( <a href="mailto:sibanez@prv.upv.es">sibanez@prv.upv.es</a> ) Moreno Ramón, Héctor ( <a href="mailto:hecmoda@prv.upv.es">hecmoda@prv.upv.es</a> )
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



## 1 Resumen

En el presente artículo se analiza el significado del factor K o factor de erosionabilidad de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos (USLE), la herramienta más utilizada para estimar las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica de tipo laminar o en regueros de pequeña entidad.

El tipo de suelo es uno de los principales factores que determinan la respuesta del terreno frente a los episodios de lluvia. Los suelos de textura arcilla se encharcan con más facilidad que los arenosos, pero ¿son también arrastrados aguas abajo con mayor facilidad?

Mediante la modelización del proceso de erosión hídrica y la elaboración de ecuaciones de estima empíricas, como la USLE, se consigue plasmar las relaciones existentes entre los factores determinantes de la erosión y la tasa de suelo perdido.

## 2 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Identificar las características de los suelos determinantes en su susceptibilidad a la degradación por causa de la lluvia
- Conocer las diferentes formas de obtener el valor del factor K
- Entender la influencia de la calidad del suelo en la cantidad de suelo perdido por erosión laminar y en regueros
- Calcular el valor del factor K

## 3 Estructura e introducción

El presente artículo docente se estructura en los siguientes puntos:

1. Resumen de ideas clave
2. Objetivos
3. Estructura e introducción
4. Desarrollo
  - 4.1. Cálculo del factor K
    - 4.1.1. Uso de la ecuación
    - 4.1.2. Uso del nomograma
    - 4.1.3. Otras fuentes de información
  - 4.2. Ejemplo de valores de K
5. Cierre
6. Bibliografía



Si seguimos todos estos apartados al final conoceremos la forma más idónea de asignarle a un suelo un coeficiente que refleje su mayor o menor fragilidad ante la lluvia, consiguiendo por tanto superar los objetivos propuestos. No obstante y para poder llegar a entender el papel que juegan la textura, el contenido de materia orgánica y otras características del suelo debemos conocer cuáles son los componentes del suelo y las interacciones existentes entre ellos.

En el supuesto de que no conozcas estos conceptos básicos en edafología, debes buscar información en cualquier libro (por ejemplo los señalados en la bibliografía) o en internet utilizando las palabras claves anteriormente señaladas.

## 4 Desarrollo

El factor erosionabilidad del suelo o factor K expresa la susceptibilidad del suelo a sufrir pérdidas de suelo por erosión; es función de características edáficas tales como textura, estructura, estabilidad de agregados, pedregosidad superficial, etc.

La respuesta del suelo frente a un episodio de lluvia, durante el cual se transmite una cantidad de energía cinética proporcional a la intensidad de la precipitación se produce a varios niveles:

- Capacidad de mantener su estructura previa
- Capacidad de almacenar agua
- Capacidad de transmitir el agua

Aspectos que podemos considerar independientes de partida pero que en el fondo están íntimamente relacionados:

Cuanto mayor sea la estabilidad de los agregados mejor se mantendrá la estructura del espacio poroso a lo largo de la precipitación, manteniéndose estable la capacidad de transmitir y almacenar agua.

Cuanto mayor se la capacidad del suelo para almacenar agua más se demorará el inicio de la escorrentía, disminuyendo con ello su efecto destructor sobre los agregados.

Cuanto mayor se la capacidad del suelo para transmitir el agua, menor será el volumen de escorrentía generado, y con ello su capacidad erosiva.

La capacidad de almacenar y transmitir agua está íntimamente ligada tanto a la textura como a la estructura del suelo, a través de la configuración del espacio poroso.

### 4.1 Cálculo del factor K

El valor de K de la USLE es un valor cuantitativo determinado experimentalmente obtiene por medición directa en campo durante un año de las pérdidas ocasionadas por las lluvias en las condiciones normalizadas establecidas para las parcelas tipo USLE (22 m de longitud, 9% de pendiente y suelo en barbecho labrado a favor de la pendiente). Se corresponde con las pérdidas anuales medias de suelo por unidad del factor R:



$$\mathbf{A} = \mathbf{R} \times \mathbf{K} \times \mathbf{1} \times \mathbf{1} \times \mathbf{1}, \quad \text{luego } \mathbf{K} = \mathbf{A}/\mathbf{R}$$

En la práctica, para las estimas de gabinete su valor se determina a partir de un nomograma desarrollado por Wischmeier y Smith (Figura 1), o aplicando directamente la ecuación de regresión, a partir de los datos experimentales obtenidos con lluvias simuladas.

Los parámetros físicos significativos en la erosionabilidad de los suelos son:

- textura
- materia orgánica
- Estructura
- Permeabilidad

En ocasiones no se dispone de información de alguno de estos parámetros pues su obtención exige realizar análisis de laboratorio y/o experiencias de campo en puntos representativos de las condiciones del entorno. Una alternativa es recurrir a la información litológica aprovechando que existe una estrecha relación entre el tipo de suelo de una zona y el material parental subyacente, y más importante todavía, no es difícil encontrar cartografía geológica a una escala medianamente aceptable.

#### 4.1.1 Uso de la ecuación

$$100 \cdot K = [10^{-4} \cdot 2,71 \cdot M^{1,14} \cdot (12 - a)] + 4,2 \cdot (b - 2) + 3,2 \cdot (c - 3)$$

donde,

M = Factor representativo de la textura (100-%arcilla) x (%limo + arena muy fina)

a = % de materia orgánica

b = nº correspondiente a la estructura (mirar nomograma)

c = clase de permeabilidad del perfil (mirar nomograma)

##### **Rango de los parámetros**

1. limo + arena muy fina, en % (triángulo de textura USDA)
2. arena de fina a muy gruesa ( $\leq 90$  %)
3. Materia orgánica ( $\leq 4$  %)
4. Tipo de estructura (granular, en bloque, laminar o masiva)
5. Clase de permeabilidad (todos los rangos)

#### 4.1.2 Uso del nomograma

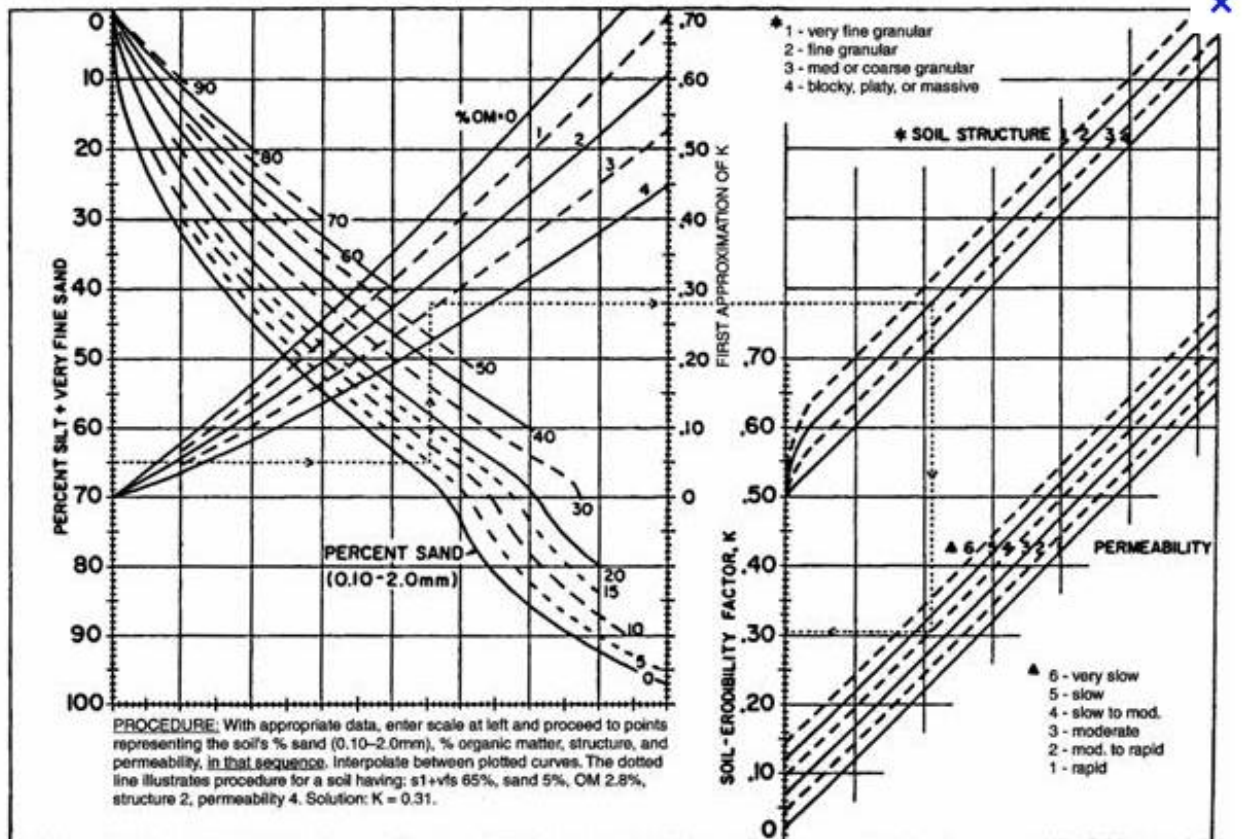


Figura 1.- Nomograma valor del factor K (Wiscmeir y Smith, 1978)

#### Clases de estructura (para los 15-18 cm superficiales):

6. Granular muy fina ( $\varnothing < 1$  mm)
7. Granular fina ( $1 \text{ mm} < \varnothing < 2$  mm)
8. Granular de media a gruesa ( $2 \text{ mm} < \varnothing < 10$  mm)
9. Cúbica, laminar o masiva

#### Clases de permeabilidad (I):

1. Rápida (de 125 a 250 mm/h)
2. De rápida a moderada ( $62 \text{ mm/h} < l < 125 \text{ mm/h}$ )
3. Moderada ( $20 \text{ mm/h} < l < 62 \text{ mm/h}$ )
4. De moderada a lenta ( $5 \text{ mm/h} < l < 20 \text{ mm/h}$ )
5. Lenta ( $1,2 \text{ mm/h} < l < 5 \text{ mm/h}$ )
6. Muy lenta ( $1,2 \text{ mm/h} < l$ )



### 4.1.3 Otras fuentes de información

Aplicar la ecuación o utilizar el nomograma a nivel de parcela de cultivo no plantea excesivos problemas, pero la determinación de la textura, la estructura y la permeabilidad de los suelos de zonas de gran extensión se convierte en algo bastante complicado, cuando además normalmente no se dispone siquiera de mapas de suelos que orienten sobre los lugares en los que realizar el muestreo.

Existen para estos casos numerosas publicaciones en las que aparecen correlaciones del valor del factor K con la naturaleza litológica del terreno o incluso cartografía del factor K a gran escala, fundamentadas en el hecho de que la roca madre es uno de los factores formadores del suelo y de ella por tanto proceden las características de textura, estructura, color, etc., que el suelo hereda.

Como alternativa podemos utilizar valores correlacionados con el tipo de suelo o el material original:

Tabla 2.2. Indicaciones de la magnitud general del factor  $K^{\circ}$  de erodibilidad del suelo.

Clase de textura	Contenido de materia orgánica		
	0.5 por ciento	2 por ciento	4 por ciento
	K	K	K
Arena	0.05	0.03	0.02
Arena fina	0.16	0.14	0.10
Arena muy fina	0.42	0.36	0.28
Arena migajosa	0.12	0.10	0.08
Arena fina migajosa	0.24	0.20	0.16
Arena muy fina migajosa	0.44	0.38	0.30
Migajón arenoso	0.27	0.24	0.19
Migajón arenoso fino	0.35	0.30	0.24
Migajón arenoso muy fino	0.47	0.41	0.33
Migajón	0.38	0.34	0.29
Migajón limoso	0.48	0.42	0.33
Limo	0.60	0.52	0.42
Migajón arcilloso arenoso	0.27	0.25	0.21
Migajón arcilloso	0.28	0.25	0.21
Migajón arcilloso limoso	0.37	0.32	0.26
Arcilla arenosa	0.14	0.13	0.12
Arcilla limosa	0.25	0.23	0.19
Arcilla		0.13–0.29	

<sup>o</sup> Los valores que se indican son promedios estimados de escalas ampliadas de valores específicos del suelo. Cuando una textura se halla cerca de la línea límite de dos clases de texturas, utilícese el promedio de los dos valores K. Para suelos específicos, el uso de las tablas de valor K del Servicio de Conservación de Suelos o de la figura 2.6 proporcionará una exactitud mucho mayor. Tomado ARS, 1975.



FACTOR K	LITOLOGÍA
0.2	"SC 1 Conglomerados"
0.2	"SC 1-2 Conglomerados y areniscas"
0.2	"SC 1-2-4 Conglomerados, areniscas y arcillas"
0.2	"SC 1-4 Conglomerados y arcillas"
0.2	"SC 1-10 Conglomerados y margas"
0.3	"SC 2 Areniscas"
0.3	"SC 2-4 Areniscas y arcillas"
0.3	"SC 2-10 Areniscas y margas"
0.4	"SC 4 Arcillas"
0.4	"SC 4-2 Arcillas y areniscas"
0.4	"SC 4-10 Arcillas y margas"
0.3	"SC 5 Calcáreas"
0.3	"SC 5-2 Calcáreas y areniscas"
0.3	"SC 5-6 Calcáreas y calcarenitas"
0.3	"SC 5-7 Calcáreas y calcáreas margosas"
0.3	"SC 5-9 Calcáreas y dolomías"
0.3	"SC 5-10 Calcáreas y margas"
0.3	"SC 6 Calcarenitas"
0.3	"SC 6-10 Calcarenitas y margas"
0.3	"SC 7 Calcáreas margosas"
0.3	"SC 7-10 Calcáreas margosas y margas"
0.3	"SC 8 Calcáreas tovacias"
0.3	"SC 9 Dolomías"
0.3	"SC 9-5 Dolomías y calcáreas"
0.3	"SC 9-10 Dolomías y margas"
0.5	"SC 10 Margas"
0.5	"SC 10-2 Margas y areniscas"
0.6	"SC 12 Arcillas, margas y yesos"
0.2	"SI 2 Cantos y gravas"
0.2	"SI 2-3 Cantos, gravas y arenas"
0.2	"SI 2-3-4 Cantos, gravas, arenas y limos"
0.2	"SI 2-3-5 Cantos, gravas, arenas y arcillas"
0.2	"SI 2-4 cantos, gravas y limos"
0.2	"SI 2-5 Cantos, gravas y arcillas"
0.2	"SI 3 Arenas"
0.2	"SI 3-2 Arenas, gravas y cantos"
0.2	"SI 3-4 Arenas y limos"
0.2	"SI 3-5 Arenas y arcillas"
0.5	"SI 4 Limos"
0.5	"SI 4-2 Limos, gravas y cantos"
0.5	"SI 4-3 Limos y arenas"
0.5	"SI 4-5 Limos y arcillas"
0.4	"SI 5 Arcillas"
0.4	"M-1 Pizarras y cuarzitas"
0.4	"M-2 Rocas carbonatadas y filitas"
0.4	"M-3 Metabasitas"
0.2	"V-1 Basaltos"
0.2	"V-2 Ofitas"
0.2	"V-3 Brechas y tovas volcánicas"



## 4.2 Ejemplos de valores del factor K

TABLE 1.—Computed K values for soils on erosion research stations

Soil	Source of data	Computed K
Dunkirk silt loam	Geneva, N.Y.	<sup>1</sup> 0.69
Keene silt loam	Zanesville, Ohio	.48
Shelby loam	Bethany, Mo.	.41
Lodi loam	Blacksburg, Va.	.39
Fayette silt loam	LaCrosse, Wis.	<sup>1</sup> .38
Cecil sandy clay loam	Watkinsville, Ga.	.36
Marshall silt loam	Clarinda, Iowa	.33
Ida silt loam	Castana, Iowa	.33
Mansic clay loam	Hays, Kans.	.32
Hagerstown silty clay loam	State College, Pa.	<sup>1</sup> .31
Austin clay	Temple, Tex.	.29
Mexico silt loam	McCredie, Mo.	.28
Honeoye silt loam	Marcellus, N.Y.	<sup>1</sup> .28
Cecil sandy loam	Clemson, S.C.	<sup>1</sup> .28
Ontario loam	Geneva, N.Y.	<sup>1</sup> .27
Cecil clay loam	Watkinsville, Ga.	.26
Boswell fine sandy loam	Tyler, Tex.	.25
Cecil sandy loam	Watkinsville, Ga.	.23
Zane's fine sandy loam	Guthrie, Okla.	.22
Tifton loamy sand	Tifton, Ga.	.10
Freehold loamy sand	Marlboro, N.J.	.08
Bath flaggy silt loam with surface stones > 2 inches removed	Arnot, N.Y.	<sup>1</sup> .05
Albia gravelly loam	Beemerville, N.J.	.03

<sup>1</sup> Evaluated from continuous fallow. All others were computed from rowcrop data.

Fuente, Weschmeier & Smith

TABLE 2.—Approximate values of the soil erodibility factor, K, for 10 benchmark soils in Hawaii

Order	Suborder	Great group	Subgroup	Family	Series	K
Ultisols	Humults	Tropohumults	Humoxic Tropohumults	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Waikane	0.10
Oxisols	Torrox	Torrox	Typic Torrox	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Molokai	.24
Oxisols	Ustox	Eustrustox	Tropeptic Eustrustox	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Wahiawa	.17
Vertisols	Usterts	Chromusterts	Typic Chromusterts	Very fine, montmorillonitic, isohyperthermic	Lualualei	.28
					Kawaihae	.32
Aridisols	Orthids	Camborthids	Ustollic Camborthids	Medial, isohyperthermic	(Extremely stony phase)	
Inceptisols	Andepts	Dystrandepts	Hydric Dystrandepts	Thixotropic, isothermic	Kukaiua	.17
Inceptisols	Andepts	Eutrandepts	Typic Eutrandepts	Medial, isohyperthermic	Naalehu (Variant)	.20
Inceptisols	Andepts	Eutrandepts	Entic Eutrandepts	Medial, isohyperthermic	Pakini	.49
Inceptisols	Andepts	Hydrandepts	Typic Hydrandepts	Thixotropic, isohyperthermic	Hilo	.10
Inceptisols	Tropepts	Ustropepts	Vertic Ustropepts	Very fine, kaolinitic, isohyperthermic	Waipahu	.20

SOURCE: El-Swaify and Dangler (9).





## 5 Cierre

El factor K toma su valor en función de las propiedades físicas del suelo responsables de la formación y estabilidad de la estructura, y de la capacidad de almacenamiento y transmisión del agua a través del espacio poroso.

Contempla pues aspectos tan importantes como: tamaño de las partículas , expresado en la textura; número y resistencia de agregados, expresado en estructura y contenido en materia orgánica; y número, tamaño y disposición de huecos, expresado mediante la permeabilidad.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] Almorox et al. 1994.- Métodos de estima de la erosión hídrica. Editorial agrícola española, 152 pp.

[2] Gisbert, J.M. e Ibáñez, S. 2003. Procesos erosivos en la provincia de Alicante. Generalitat Valenciana, Consellería de Medio Ambiente, 400 pp + 120 mapas

[3] Hudson, N. 1982. Conservación del suelo. Reverté, 335 pp

[4] Icona. Mapas de Estados Erosivos

[5] López Cadenas, F. (Coord.), 1994. Restauración hidrológico forestal y control de la erosión. TRAGSA - Mundi-Prensa, 902 pp

[5] López Cadenas, F. (Coord.), 2003. La ingeniería en los procesos de desertificación. TRAGSA, 1045 pp

[6] Porta, J.; López-Acevedo, M. & Roquero, C. 2003. "Edafología para la agricultura y medio ambiente". Madrid: Ediciones Mundi Prensa. 807 pp

### 6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[7] Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC. 58pp. Disponible en: <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>