

ADAPTACIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS DE LA USLE A LA ZONA CENTRO PENINSULAR

RAMÓN BIENES ALLAS

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares.

Abstract: We have experimentally determined so much the soil loss as the runoff for hydric erosion that has presented an agricultural soil without vegetable cover. These experimental data of field are been correlated with the pluviometric data contributed by a meteorological automatic station. The gotten outputs show that the soil loss is correlated with the R factor and the maximal intensity in 30 minutes. On the contrary, the runoff is it with the pluviometry fallen total and with the kinetic energy of the same. We have gotten several lineal regressions between these variables and the hydric erosion. We have been pretended with it validate the application of the USLE to the zone center of the peninsula.

Key words: erosion, USLE, R factor, agricultural land.

Resumen: Se ha determinado experimentalmente tanto la pérdida de suelo por erosión hídrica como la escorrentía que ha presentado un suelo agrícola al que se le ha mantenido sin cobertura vegetal. Estos datos experimentales de campo se han correlacionado con los datos pluviométricos aportados por una estación meteorológica automática. Los resultados obtenidos indican que la pérdida de suelo se haya correlacionada con el factor R y la intensidad máxima en 30 minutos, mientras que la escorrentía lo está con la pluviometría total caída y con la energía cinética de la misma, habiéndose obtenido diferentes regresiones lineales entre estas variables y la erosión hídrica. Se ha pretendido con ello validar la aplicación de la USLE a la zona centro peninsular.

Palabras clave: erosion, USLE, factor R, suelo agrícola.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se exponen de forma condensada, algunos de los resultados de un proyecto de investigación en el cual, entre otros objetivos, se pretende establecer una adaptación de los parámetros climáticos de la USLE (energía cinética, I_{max30} minutos, factor R) a la zona centro peninsular. En este sentido se ha pronunciado BROWNING (1979), el cual reconoce la necesidad de adaptar las relaciones existentes

entre los diferentes factores que afectan a la erosión a partir de datos de campo. Siempre será preferible proceder a realizar estas adaptaciones de cada uno de los parámetros climáticos de la USLE que desarrollar una nueva metodología, máxime si tenemos en cuenta que la USLE está ampliamente aceptada, y su uso muy extendido, como una herramienta apropiada para el análisis de la erosión (FOSTER, 1979).

Pese a que el diseño de la USLE se hizo para estimar pérdidas anuales y no para que se

aplicara a cada evento lluvioso, si queremos proceder a una validación o adaptación del factor R, será preciso hacerlo para cada evento erosivo, ya que de lo contrario necesitaríamos de muchos años para poder esperar a realizar el estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio.

El ensayo se ha realizado en una parcela de 4 x 20 m₂ ubicada en un suelo agrícola con una pendiente del 6,1%. La parcela experimental se encuentra en la Finca de El Encín, dependiente del Servicio de Investigación Agraria de la Comunidad de Madrid, y está situada sobre un depósito de terraza perteneciente a la cuenca del río Henares, dentro del sector centro-oriental de la cuenca Meso-Terciaria del Tajo que forma parte de las provincias de Madrid y Guadalajara en la zona de transición de las facies de borde a centro de la cuenca (PEREZ GONZALEZ y GALLARDO en I.G.M.E., 1990).

Del estudio del observatorio de Alcalá de Henares (La Canaleja), se deduce que el clima es mediterráneo templado (ELIAS & RUIZ, 1977). La parcela está ubicada en la terraza +10-12 m del río Henares. Esta terraza, ampliamente desarrollada tanto en sentido longitudinal como transversal al río, se la denomina en la bibliografía como Terraza de Campiña (PEREZ GONZALEZ y GALLARDO en I.G.M.E., J. 1990). Esta solapada respecto a la anterior (+7-9 m) y de la siguiente, la de cota más alta, esta separada por un pequeño talud en el que afloran los materiales del Terciario. Esta considerada como del Plioceno medio-superior. El régimen de humedad es xérico y el término méxico (LAZARO *et al.*, 1978).

El suelo de la parcela presenta una evolución moderada, con desarrollo de un horizonte B que presenta una débil estructura edáfica y con leves síntomas de iluviación de arcilla, no constituyendo un horizonte argílico. La secuencia de horizontes genéticos del perfil es: Ap,

B1t, C1ca, C2. Este suelo ha sido clasificado, según *Soil Taxonomy* (USDA, 1990) como **Calcixerollic Xerochrept**.

Para la descripción del perfil se han seguido las normas de la FAO (1978), mientras que para la analítica de las muestras se ha hecho según las normas del SCS (1972).

La parcela de erosión dispone de una estación meteorológica automática que realiza registros cada 12 minutos de: pluviometría, radiación solar, velocidad del viento, temperatura del aire y humedad relativa.

Diseño experimental.

En nuestro caso, tanto el factor topografía (LS) como el relativo a prácticas de conservación (P) son constantes con el tiempo. Con el fin de independizar el factor R, el diseño experimental se basó en establecer una parcela de suelo desnudo, mantenida en este estado mediante tratamientos con herbicidas. Con ello se conseguía que el factor C fuese también constante a lo largo del tiempo.

En consecuencia, las diferentes pérdidas de suelo que tuvieron lugar en cada uno de los aguaceros fue función únicamente del producto $R \times K$, lo cual lo podemos expresar como: $A = f(R, K)$.

En cuanto al factor K, si bien en principio puede tomar valores diferentes con el tiempo, se trataría siempre de pequeñas diferencias no detectables después de cada evento lluvioso y que no justificarían el número tan elevado de análisis de muestras de suelos que habría que realizar. Por otro lado, estas variaciones del factor K son despreciables comparadas con las fluctuaciones que presenta el factor R, por lo que nos hemos limitado a calcular dicho factor K según se establece en la USLE (WISCHMEIER y SMITH, 1978) y, en consecuencia, lo hemos tratado como constante a lo largo de los tres años.

Por tanto, las diferentes tasas de erosión que hemos registrado, correspondientes a los diferentes episodios lluviosos que han tenido lugar, van a ser función básicamente del factor R, puesto que los restantes factores son cons-

tantes o prácticamente constantes. Lo anterior lo podemos expresar matemáticamente como: $A = f(R)$.

Por otro lado, hemos determinado teóricamente tanto la energía cinética como el factor R aplicando las ecuaciones que establecieron Wischmeier y Smith así como la modificación que establecieron ZANCHI y TORRI (1980) para Italia.

Dado que no siempre ha sido posible ir a la parcela tras de cada evento lluvioso, en ocasiones se han producido varios eventos de un muestreo a otro. Cuando esto ha sucedido, para

el cálculo de ECw y ECzt se ha procedido a determinar la correspondiente a cada evento lluvioso y sumar las energías cinéticas de aquellos eventos que se hallaban comprendidos entre dos muestreos consecutivos. Análogamente hemos procedido con los factores Rw y Rzt. Sin perjuicio de las determinaciones de estos parámetros, hemos creído interesante incluir como variables de interés los valores máximos presentados entre muestreos consecutivos de las variables I_{max30} e I_{max12}, y estudiar las posibles correlaciones que pudieran presentar. Con ello perseguimos determinar la importan-

Tabla 1: Datos experimentales de escorrentía y pérdida de suelo, así como los valores de los parámetros climáticos de la USLE para los eventos considerados. I_{max30} e I_{max12} son las intensidades máximas en 30 y en 12 minutos respectivamente. La variables ECw y Rw son, respectivamente, la energía cinética y el factor R calculados según Wischmeier y Smith, mientras que las variables ECzt y Rzt son la energía cinética de la lluvia y el factor R calculados según la modificación que establecieron Zanchi y Torri.

Fecha	Escorrentía (l/Ha)	Sedimentos (Kg/Ha)	Pluviometría (mm)	I _{max30} (mm/h)	I _{max12} (mm/h)	ECw (MJ/ha)	Rw (MJ.mm/ha.h)	ECzt (MJ/ha)	Rzt (MJ.mm/ha.h)
16/02/94	450,00	0,269	13,2	2,8	8	1,926	4,469	1,752	4,062
23/02/94	431,25	0,155	6,6	2,6	5	0,941	1,803	0,848	1,634
8/03/94	1708,75	0,105	20,4	5,6	12	3,271	12,394	3,089	11,815
20/04/94	343,75	0,110	5,0	5,2	8,3	0,996	6,077	1,007	6,146
4/05/94	1087,50	0,241	38,4	24,6	44	8,084	146,596	8,296	153,044
10/05/94	79437,50	3335,395	37,4	52,0	70	9,247	398,213	9,822	430,459
17/05/94	9818,75	80,855	42,4	10,8	14	7,62	44,632	7,328	44,228
24/05/94	1190,00	0,375	12,4	6,4	12	2,879	13,808	2,154	11,735
29/09/94	45000,00	2200,188	44,4	53,8	63,1	11,235	538,285	11,991	585,629
14/10/94	468,75	7,761	8,6	6,6	9	1,513	7,832	1,475	7,871
18/10/94	6235,00	103,225	24,2	17,3	24,6	5,683	86,923	5,986	91,658
28/10/94	4802,50	39,545	24,4	14,8	24	2,505	28,701	2,498	29,629
8/11/94	6502,50	19,015	31,6	13,0	23	2,592	21,146	2,522	21,639
23/11/94	3275,00	1,319	17,0	6,4	9	0,803	1,96	0,737	1,876
18/01/95	4746,25	17,151	2,6	0,8	1	0,238	0,115	0,314	0,259
14/02/95	2625,00	140,000	51,8	6,8	9	8,306	42,561	7,842	40,711
8/05/95	2325,00	22,313	33,6	10,6	19	5,696	38,297	5,484	38,224
23/05/95	875,00	11,950	20,4	7,6	12	3,592	20,852	3,502	20,557
26/06/95	30092,50	370,000	23,8	17,8	33	4,825	59,384	4,903	61,939
17/07/95	60486,25	2030,881	17,4	12,8	31	3,584	36,108	3,657	37,286
28/09/95	17545,00	331,261	20,0	8,6	11	3,122	13,735	2,918	13,394
7/11/95	17281,75	161,554	12,0	9,2	22	2,175	12,299	2,14	12,67
27/11/95	21015,88	132,380	49,8	5,2	7	7,523	22,841	6,474	19,912
20/12/95	19692,13	87,021	33,2	5,0	6	4,626	14,056	4,126	12,86
10/01/96	270095,00	1860,154	116,4	13,6	20	19,446	126,358	18,629	124,87
31/01/96	59514,63	240,092	44,0	4,8	5	5,938	16,428	5,222	15,006
1/03/96	12907,00	32,687	24,2	3,2	4	3,229	7,078	2,825	6,221
25/03/96	793,75	5,200	7,0	2,0	3	0,911	1,375	0,787	1,199
23/04/96	1233,75	0,100	21,6	2,8	7	3,143	5,811	2,857	6,889
6/06/96	45427,50	56,549	96,6	10,4	17	15,16	75,731	14,199	72,635
30/09/96	737,50	28,263	32,6	6,4	14	6,365	25,232	5,114	24,37
18/11/96	39483,75	251,012	68,4	8,2	11	10,662	60,334	9,96	57,515
13/12/96	74698,75	258,494	52,4	24,0	31	8,828	120,393	8,48	122,779
26/12/96	22875,00	19,579	49,8	6,8	12	7,236	21,506	6,573	20,035

cia del momento de máxima intensidad o intensidad punta.

RESULTADOS Y DISCUSION

De entre todas las variables climáticas con las que trabajamos en un principio buscando establecer correlaciones con la escorrentía y la pérdida de suelo, han quedado reducidas a las siguientes: pluviometría total caída entre muestreos (P), intensidad máxima en 30 minutos (Imax30), intensidad máxima en 12 minutos (Imax12), energía cinética y factor R tanto

según Wischmeier y Smith (ECw y Rw) como la establecida por Zanchi y Torri (ECzt y Rzt).

En la Tabla 1 se exponen los datos de las escorrentías y pérdidas de suelo registradas a lo largo del período 1994/96, así como los valores de las variables anteriormente citadas para cada uno de los eventos.

A partir de estos datos, hemos calculado la matriz de correlación para dichas variables (Tabla 2). Esta matriz muestra que hay una correlación lineal alta entre la pérdida de suelo y el factor R, mientras que la escorrentía se haya más correlacionada con la energía cinética de la lluvia y con la pluviometría total registrada

Tabla 2: Matriz de correlaciones. Las variables consideradas en esta matriz son: la pérdida de suelo (A); la escorrentía (E); la pluviometría total entre muestreos (P); Imax30 e Imax12 las intensidades máximas en 30 y en 12 minutos respectivamente; la energía cinética (ECw) y el factor R (Rw) calculadas según Wischmeier et al.; la energía cinética (ECzt) y el factor R (Rzt) calculadas según Zanchi et al.

	A	E	P	Imax30	Imax12	ECw	Rw	ECzt	Rzt
A	1 -34 .0000								
E	.6007 -34 .0002	1 -34 .0000							
P	.2730 -34 .1182	.7207 -34 .0000	1 -34 .0000						
Imax30	.8143 -34 .0000	.3485 -34 .0434	.2335 -34 .1837	1 -34 .0000					
Imax12	.7777 -34 .0000	.3237 -34 .0618	.1937 -34 .2723	.9657 -34 .0000	1 -34 .0000				
ECw	.4611 -34 .0061	.7525 -34 .0000	.9557 -34 .0000	.4452 -34 .0083	.4028 -34 .0182	1 -34 .0000			
Rw	.8545 -34 .0000	.4056 -34 .0173	.3043 -34 .0802	.9541 -34 .0000	.8744 -34 .0000	.5199 -34 .0016	1 -34 .0000		
ECzt	.5131 -34 .0019	.7526 -34 .0090	.9316 -34 .0000	.5115 -34 .0020	.4701 -34 .0050	.9965 -34 .0000	.5808 -34 .0003	1 -34 .0000	
Rzt	.8546 -34 .0000	.3909 -34 .0223	.2828 -34 .1050	.9540 -34 .0000	.8738 -34 .0000	.5000 -34 .0026	.9997 -34 .0000	.5617 -34 .0005	1 -34 .0000

entre muestreos. Por último, hay una alta correlación muy interesante entre la pluviometría caída entre muestreos y la energía cinética de los eventos que han tenido lugar entre muestreos.

1. Análisis de la regresión obtenida entre la tasa de erosión (A) y el factor R

La correlación lineal existente entre la pérdida de suelo (A) y el factor R, tanto para el modelo diseñado por Wischmeier y Smith (Rw) como para el ajuste que realizaron Zanchi y Torri para Italia (Rzt), presentan unos valores prácticamente idénticos, y en ambos casos altamente significativos.

Así pues, el ajuste realizado para Italia no representa una mejora apreciable respecto al diseño original de Wischmeier et al., por lo que hemos calculado la regresión entre A y Rw. Esta regresión lineal presenta un R2 altamente significativo (Tabla 3) y el análisis de la varianza apoya el modelo lineal, con un valor de F de 86,56. La ecuación de la recta de regresión es:

$$A = 669.407 \times R_w - 196.483$$

Cuando estudiamos la nube de puntos, vemos que la regresión obtenida está fuertemente condicionada por la presencia de parejas de valores muy alejados de los demás y que se deben a aquellos eventos con gran pérdida de suelo.

Tabla 3: Análisis de la regresión entre A y Rw.

Variable dependiente: A		Variable independiente: R _w			
Análisis de la varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	F-ratio	Nivel de probabilidad
Modelo	18392943	1	18392943	86,56	0,00000
Residuo	6799322	32	212478,8		
Total	25192264	33			
(Corr.)					
Coeficiente de correlación R = 0,854461				R ² = 0,7301	
Error standart de la estimación = 460,954					
Estimación de los parámetros de la regresión					
Parámetro	Estimado	Error standart	Valor T	Nivel de probabilidad	
Interceptado	-19,6483	89,9919	-0,22	0,82855	
Pendiente	6,69407	0,719486	9,304	0,00000	

El comportamiento de los eventos fuertemente erosivos no tiene nada que ver con el resto de los eventos lluviosos de menor intensidad y que constituyen la mayoría de los casos.

En consecuencia, hemos procedido a establecer y analizar dos poblaciones muy distintas, una de ellas numerosa y constituida por los resultados correspondientes a los eventos poco erosivos, y la otra, con pocos individuos, representa la mayoría de la erosión que tiene lugar y por consiguiente es la más interesante.

1.1. Relación entre A y R_w para eventos poco erosivos

Cuando estudiamos los eventos correspondientes a lluvias suaves de baja intensidad, nos encontramos con una gran dispersión y un coeficiente de correlación entre la tasa de erosión y el factor R (Rw) muy bajo (R = 0,309) y no significativo para el nivel p < 0,05. En este caso no se puede hablar siquiera de una tendencia.

1.2. Regresión entre A y R_w para eventos fuertemente erosivos

Por el contrario, cuando estudiamos los eventos correspondientes a episodios tormentosos intensos con pérdida de suelo superior a los 1800 Kg/ha en todos ellos, observamos que hay una gran correlación entre el factor Rw y la tasa de erosión (A), con un R₂ = 0,8727.

Pese a que la frecuencia de estos eventos es de 1 o 2 por año, sin embargo representan el 79,6% del total de la pérdida de suelo acontecida en el período estudiado (1994/96). La primera consecuencia de esta baja frecuencia con que tienen lugar estos eventos es que nos encontramos ante una población con un escaso número de individuos, y en la que la inclusión de algunos nuevos individuos puede tener fuertes repercusiones sobre el coeficiente de correlación.

En consecuencia, todo estudio estadístico que podamos realizar solo será válido si lo consideramos a título indicativo.

La primera conclusión que parece desprenderse de todo lo anterior, es que la aplicación de

la USLE, y concretamente el factor R, no es válida mas que cuando nos encontramos ante eventos de gran intensidad pluviométrica, que en la zona centro quedan reducidos a episodios tormentosos de primavera-verano.

2. Análisis de la regresión obtenida entre la ECw y P

A la vista de la matriz de correlaciones, hemos observado que hay una correlación altamente significativa para el nivel $p < 0,01$ entre la energía cinética de los aguaceros comprendidos entre muestreos y la pluviometría total caída entre muestreos. En consecuencia, hemos procedido a estudiar la regresión lineal que existe entre la energía cinética de la lluvia según Wischmeier (ECw) y la pluviometría registrada entre muestreos. La ecuación de la regresión obtenida es:

$$ECw = 0.165 \times P - 0.00414$$

En la Tabla 4 podemos ver el análisis tanto de la varianza como de los parámetros de la recta de regresión obtenida.

Vemos pues, que la dificultad de la determinación de la energía cinética según Wischmeier, puede evitarse gracias a esta relación que presenta con la pluviometría. La pri-

Tabla 4: Análisis de la regresión entre ECw y P

Variable dependiente: ECw Variable independiente: P					
Análisis de la varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	F-ratio	Nivel de probabilidad
Modelo	552,7334	1	552,7334	337,7	0,00000
Residuo	52,3783	32	1,636822		
Total (Corr.)		33			
Coeficiente de correlación R = 0,955741			R ² = 0,9134		
Error standart de la estimación = 1,27938					
Estimación de los parámetros de la regresión					
Parámetro	Estimado	Error standart	Valor T	Nivel de probabilidad	
Interceptado	-4,14E-03	0,364868	-0,011	0,99102	
Pendiente	0,165044	0,008981	18,38	0,00000	

mera consecuencia que de ello se deriva es que, al menos para la zona centro peninsular, la necesidad de disponer de estaciones automáticas con registros de la pluviometría a intervalos de pocos minutos o bien el empleo de pluviógrafos, pueden ser sustituidos por pluviómetros con un ahorro considerable en lo que a infraestructura se refiere.

Además, la obtención de esta regresión permite el empleo de los datos pluviométricos de la red de observatorios del Instituto Meteorológico, extendiendo la aplicación de la USLE a grandes zonas del territorio nacional.

3. Análisis de la regresión obtenida entre la escorrentía (E) y la energía cinética de la lluvia (ECw)

A diferencia de la pérdida de suelo, la escorrentía se ha mostrado más relacionada con la energía cinética y con la pluviometría, con las que ha presentado unos coeficiente de correlación lineal significativos. Por tanto, hemos procedido a determinar la regresión lineal existente entre estas variables y estudiar su validez.

Con la energía cinética (ECw) presenta la siguiente ecuación de regresión:

$$E = 8702,87 \times ECw - 20725,5$$

Esta regresión obtenida es altamente significativa para el nivel del 97% ($p = 0,03$).

4. Análisis de la regresión obtenida entre la escorrentía (E) y la pluviometría total (P)

La pluviometría recogida entre muestreos ha presentado un coeficiente de correlación altamente significativo para el nivel $p < 0,01$ con los valores de escorrentías recogidos en los depósitos de la parcela.

Por tanto, y al igual que en los casos anteriores, hemos determinado la recta de regresión entre las variables E y P. El análisis de esta regresión puede observarse en la **Tabla 6**.

El hecho de que la escorrentía esté fuertemente correlacionada con la precipitación y apenas con la intensidad de la misma, parece

indicar que el fenómeno de coalescencia de las gotas de lluvia sobre el terreno tiene una importancia capital.

CONCLUSIONES

1.- Se ha observado que la escorrentía apenas se halla relacionada con la intensidad de la

Tabla 5: Análisis de la regresión entre E y ECw.

Variable dependiente: E		Variable independiente: ECw			
Análisis de la varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	F-ratio	Nivel de probabilidad
Modelo	4,58E+10	1	4,58E+10	41,78	0,000001
Residuo	3,51E+10	32	1,10E+09		
Total (Corr.)	8,09E+10	33			
Coeficiente de correlación $R = 0,75251$ $R^2 = 0,5663$					
Error standart de la estimación = 33120,9					
Estimación de los parámetros de la regresión					
Parámetro	Estimado	Error standart	Valor T	Nivel de probabilidad	
Interceptado	-26725,5	9176,7	-2,26	0,03087	
Pendiente	8702,87	1346,43	6,464	0,00000	

Tabla 6: Análisis de la regresión entre E y P.

Variable dependiente: E		Variable independiente: P			
Análisis de la varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	F-ratio	Nivel de probabilidad
Modelo	4,20E+10	1	4,20E+10	34,58	0,00000
Residuo	3,89E+10	32	1,22E+09		
Total (Corr.)	8,09E+10	33			
Coeficiente de correlación $R = 0,72068$ $R^2 = 0,5194$					
Error standart de la estimación = 34865,3					
Estimación de los parámetros de la regresión					
Parámetro	Estimado	Error standart	Valor T	Nivel de probabilidad	
Interceptado	-20857,3	9943,25	-2,1	0,04392	
Pendiente	1439,31	244,757	5,881	0,00000	

lluvia, y sí lo está y mucho tanto con la pluviometría total caída como con la energía cinética de la lluvia. Todo ello apunta a que la coalescencia del agua sobre el terreno tiene una importancia capital sobre la escorrentía. Por último, se han obtenido sendas ecuaciones de regresión en función de estas variables.

2.- Por el contrario, la pérdida de suelo se haya correlacionada con el factor R, con la Imax30 minutos y con la Imax12 minutos.

3.- Se ha encontrado un correlación muy alta entre la energía cinética de los aguaceros y la pluviometría total caída. La recta de regresión obtenida permite estimar, para la zona centro peninsular, la energía cinética sin necesidad del empleo en campo de pluviógrafos.

REFERENCIAS

- BROWNING, G.M. (1979). Development for and of the Universal Soil Loss Equation. In: *Universal Soil Loss Equation: Past, Present, and Future*. Chapter 1:1-5 pp. Soil Science Society of America, Especial Publication number 8.
- ELÍAS, F. & RUIZ, L. (1977). *Agroclimatología de España*. INIA. Madrid.
- FAO (1978). *Guía para la descripción de perfiles*. Roma.
- FOSTER, G.R. (1979). Sediment Yield from Farm Fields: the Universal Soil Loss Equation and Onfarm 208 Plan Implementation. In: *Universal Soil Loss Equation: Past, Present, and Future*. Chapter 3: 17-24 pp. Soil Science Society of America, Especial Publication number 8.
- I.G.M.E., (1990). Mapa Geológico de España, Escala: 1/50.000, nº 535, Algete.
- I.G.M.E., (1990). Mapa Geológico de España, Escala: 1/50.000, nº 510, Marchamalo.
- LÁZARO, F.; ELÍAS, F. & NIEVES, M. (1978). *Regímenes de humedad de los suelos de la España Peninsular*. INIA. Madrid.
- OIL CONSERVATION SERVICE (1972). *Soil Survey Laboratory Method and Procedures for Collecting Soil Samples*, U.S. Dep. Agr.

- SSIR IUS. Govt. Printing Office. Washington D.C., 63 p.
- USDA, (1990). *Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook n° 436. Washington.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses -a guide to conservation planning*. USDA-Science and Education Administration Agric. Handbook 537, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D.C.
- ZANCHI, C. Y TORRI, D. (1980) Evaluation of rainfall energy in Central Italy. En de Boodt, M. y Gabriels, D. (eds.) Assesment of Erosion, 133-140 pp.