

EVALUACIÓN DEL GRADO DE ERODIBILIDAD EN UNA ZONA DE LA SIERRA DE GREDOS (SIERRA DE VILLAFRANCA)

ALONSO, P.; BRAVO, A. y RODRÍGUEZ, R.
Departamento de Edafología de Farmacia.
Universidad de Salamanca

INTRODUCCIÓN

"El suelo es uno de los bienes más preciosos de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, animales y del hombre sobre la superficie de la tierra". Carta Europea del Suelo del Consejo de Europa (Estrasburgo, 1972).

Platón ya consideraba al suelo como soporte de la vida y uno de los elementos naturales básicos, pero no ha sido hasta bien entrado el siglo XX cuando se han alzado voces de alerta sobre su correcta utilización. Así, organismos especializados como FAO, UNESCO, PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales) han llamado la atención sobre los problemas que conlleva su mala utilización, produciéndose un cierto despertar en la humanidad.

"El cuidado del suelo es esencial para la supervivencia de la raza humana. Da la mayor parte de los alimentos necesarios, fibras para alimentos y madera para materiales de construcción. Y sin embargo, en muchas partes del mundo, el suelo ha quedado tan dañado por un manejo erróneo y por abusos que nunca podrá de nuevo producir alimentos, para no hablar de fibras y otros cultivos industriales, al menos en el futuro previsible. Este maltrato ha conducido a la erosión del suelo en vasta escala, esto es, a la pérdida física de la capa superficial del suelo que es la parte más vital, necesaria para un sano crecimiento de las plantas. Una vez perdida esta capa superficial el suelo ha quedado perdido para toda finalidad práctica". (FAO, 1976).

"La degradación de los suelos es, en su sentido más amplio, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento. La población del planeta aumente cada cinco días en más de un millón de personas y se calcula que se duplicará entre 1980 y 2015. El suelo es y seguirá siendo en un futuro previsible la base de la producción alimentaria, pero cabe preguntarse si bastará para alimentar una población dos veces mayor que la existente a partir de la próxima generación. No ofrece duda que la demanda de tierra va a ser mucho mayor. Incluso ahora muchos millares de hectáreas dejan de cultivarse cada año por exceso de erosión, salinidad, anegación o esterilidad, y en millones de ellas el potencial productivo básico declina progresivamente hacia dicho estado". (FAO-PNUMA, 1984).

"Actualmente se destruye la tierra e incluso se alteran los distintos climas locales porque el hombre ha modificado el delicado equilibrio ecológico de la naturaleza con la tala y quema indiscriminada de bosques, la quema de pastizales y el pastoreo excesivo en ellos, y el cultivo y riego del suelo efectuados sin comprender enteramente los procesos dinámicos, o sin valorar los efectos finales que está originando". (FAO-PNUMA, 1984).

"El peligro de erosión es uno de los factores que más gravemente limitan la producción agrícola y las posibilidades de aprovechamiento de la tierra". (FAO, 1986).

"En los países ribereños del Mediterráneo, la despoblación forestal de las laderas, y la consiguiente erosión han creado desiertos artificiales en tierras que fueron productivas. Los romanos de la antigüedad se alimentaban con hortalizas traídas de las regiones del Norte de África, hoy desérticas". (FAO, 1983).

La explotación del suelo por el hombre conlleva irremediablemente una degradación, que frecuentemente produce daños irreversibles. Estos daños conducen en ocasiones a la destrucción total del suelo.

La degradación del suelo se traduce en un empeoramiento de sus propiedades o en la eliminación de las partículas por acción de la erosión.

La finalidad del presente trabajo va más allá de realizar una medida de la erodibilidad o facilidad del suelo para erosionarse que presentan los suelos de la Sierra de Villafranca (Ávila), que nos proporcionaría una fría lista de números, de lo mucho o poco erosionable que es la zona. Hemos creído que sería mucho más interesante plantear el trabajo como una correlación de todos aquellos datos que pudiendo ser fácilmente obtenidos, están íntimamente relacionados con las variables que intervienen en la denominada Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), que es el método paramétrico de uso más amplio para la predicción de pérdida de suelo. Este método fue utilizado en principio por los conservacionistas de los Estados Unidos, pero ya es factible su uso en otros continentes.

En la siguiente figura (Hudson, 1982), se muestra un diagrama en el que a partir de la erosividad de la lluvia y de la erodibilidad del suelo se origina una combinación de todos los factores que influyen en la erosión, dentro de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

la erosión es función de la



En la fórmula R es la erosividad y los demás factores son componentes de la erodibilidad. Tanto la erosividad R como la K que representa la influencia de las características físicas del suelo están fuera de control. Los factores S, pendiente y L, longitud de dicha pendiente, no suelen cambiarse pero tanto una como otra pueden ser modificadas mediante la realización de una serie de estructuras que conlleva grandes movimientos de tierra, como son los aterrazamientos o construcción de bancales que implica la conversión de una pendiente fuerte en una serie de escalones.

El factor P, de prácticas de conservación que está determinado por la gestión del suelo y el tratamiento de la tierra. Y, el factor C que se corresponde con el laboreo y el cultivo, pueden ser alterados, ya que los valores alcanzados por estas variables dependerán de las prácticas conservadoras y de la ordenación de los cultivos.

MATERIAL

La zona estudiada se encuentra enclavada en la denominada Sierra de Villafranca, cuya orientación aproximada es 45° NE. El clima es de tipo Mediterráneo templado y Mediterráneo templado fresco.

En cuanto a la litología, la Sierra de Villafranca está constituida en su mayor parte por esquistos, encontrándose éstos en la parte superior y las

laderas. En los valles de los ríos Tormes y Corneja encontramos granitos y sedimentos terciarios y cuaternarios.

La altitud media de la zona es elevada, variando desde los 1.000 m. del valle del río Corneja a los 2.065 m. del pico Moros (punto más alto de la Sierra de Villafranca). Esta variación altitudinal propiciará la existencia de diferencias muy apreciables en cuanto a las características bioclimáticas y en consonancia de la vegetación.

La vegetación varía con la altitud, encontrándose en las zonas más bajas restos de los primitivos bosques de encinas (*Quercus ilex* ssp. *rotundifoliae*), que en numerosas ocasiones han sido sustituidos por cultivos. Al aumentar la altitud aparecen robles (*Quercus pyrenaica*) y repoblaciones de pinos (*Pinus* sp.). Finalmente en las cotas más altas, superiores a 1.500 m., dominan los matorrales de piornos (*Cytisus oromediterraneus*) y donde lo permiten la existencia de humedad y un suelo más o menos desarrollado, los pastizales de alta montaña.

El estudio se ha aplicado en 2 vertientes de la Sierra bien diferenciadas, una que discurre hacia el valle del río Corneja con dirección NE, de mayor pendiente y otra con dirección S.O. hacia el río Tormes, que presenta una pendiente menor. Para ello se ha realizado un muestreo representativo de ambas vertientes (18 puntos muestrales - Apéndice 1 y 2), en los cuales se han analizado una serie de parámetros íntimamente relacionados con la erodibilidad (Apéndice 3).

MÉTODOS

En términos matemáticos, la erosión es función de la erosividad de la lluvia (factor R) y de la erodibilidad del suelo (factor K). Definiéndose la erosividad como la capacidad potencial de la lluvia para erosionar y la erodibilidad como la vulnerabilidad del suelo frente a la erosión.

Factor de erosividad de la lluvia, R.

El cálculo del factor R se ha realizado basándonos en el estudio de ICO-NA, 1988. Hemos representado las isoyetas de precipitación, media en mm. y las isolíneas de valores de R, expresados en $\text{Julio} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Factor de erosionabilidad del suelo, K.

El factor erosividad del suelo en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), es una descripción cuantitativa de la erodibilidad inherente de un suelo determinado. Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan de forma diferente cuando los demás factores (R, LS, C, P) son los mismos.

Durante mucho tiempo los edafólogos han intentado relacionar la erosión con diversas características físicas del suelo, que pueden medirse en el laboratorio. Así, Bouyoucos (1935) sugirió que la erodibilidad es proporcional a la razón % arena \triangleright % limo / % arcilla. Otros investigadores desarrollaron métodos que utilizaban la estructura, el análisis granulométrico, las propiedades químicas... Pero fue Wischmeier y colaboradores en 1971 quien demostró la existencia de una buena correlación entre la erodibilidad y un índice que engloba 5 parámetros del suelo: % de limos (0.002-0.05 mm), % arena muy fina (0.05-0.10 mm), % arena (0.10-2.0 mm), contenido en materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Los valores de K para cada punto muestral se han calculado utilizando la ecuación desarrollada por ICONA, 1987.

$$100K \triangleq 2,7 \cdot M^{1,14} \cdot 10^{-4} \cdot (12-a) \triangleright 4,2(b2) \triangleright 3,23(c-3)$$

Siendo:

M - parámetro de granulometría.

$M \triangleq (\% \text{ limo} \triangleright \% \text{ arena muy fina}) \cdot (100 - \% \text{ arcilla})$.

$a \triangleq \% \text{ de materia orgánica}$.

b - corresponde a la estructura del suelo, según el siguiente rango (USDA, 1951).

1 - granular muy fina

2 - granular fina

3 - granular media o gruesa

4 - bloques, prismática, columnar

c - clase de permeabilidad del suelo (USDA, 1951).

1 - rápida

2 - moderada o rápida

3 - moderada

4 - moderadamente lenta

5 - lenta

6 - muy lenta

Los valores de K están expresados en: $t \cdot m^2 \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot Julio^{-1} \cdot cm^{-1}$

Factor topográfico, LS.

Tanto la longitud de la ladera como su pendiente influyen considerablemente en las tasas de erosión de un suelo, siendo por tanto el relieve uno de los principales factores que determinan la emisión de sedimentos de las cuencas vertientes.

Wischmeier y Smith (1978) definen la longitud de la ladera como la longitud que recorre la gota de escorrentía desde que se forma hasta que encuentra un cauce o una zona de sedimentación. La influencia de esta longitud de ladera sobre la erosión es estimada por la USLE a través del factor L.

$$L \triangleq (I/22.1)^m$$

Siendo I la longitud de la ladera y m un exponente que depende de la pendiente, oscilando entre 0.2 para pendientes $\leq 1\%$ y 0.5 para $\geq 5\%$.

Con respecto a la pendiente, su influencia es muy notable, siendo directamente proporcional a la cantidad de escorrentía que se genera en una ladera por unidad de superficie. La influencia de la pendiente es estimada por la USLE a través del factor S , mediante la ecuación:

$$S \triangleq 0.006541 s^2 \geq 0.045 s \geq 0.065.$$

Siendo s el valor de la pendiente de la ladera, en %.

Las dos variables se hallan muy relacionadas, por lo tanto, es conveniente disponer de un factor único, LS , que representa el efecto de ambas variables. Este factor combinado para la longitud y para la inclinación de la pendiente que se emplea en la USLE, relaciona unas condiciones de longitud en metros y de inclinación de la pendiente en %, que proporciona unos valores de LS (0 a 20) que se introduce en la ecuación (Kirkby y Morgan, 1984).

En la expresión conjunta del factor LS :

$$LS, (I/22.1)^m (0.006541 s^2 \geq 0.045 s \geq 0.065).$$

Se observa una mayor influencia de la pendiente (s) que de la longitud (I).

McCool y colaboradores en 1989, aumentan la influencia concedida a la longitud de la pendiente con respecto a la de la pendiente en sí. Por esto, el factor L debe evaluarse a partir de la nueva expresión

$$L \triangleq (I/22.1)^m$$

Donde I es la proyección horizontal de la longitud de ladera, $m \triangleq B/(I \geq B)$ y $B \triangleq (\operatorname{sen} 0/0.0896)/(3.0(\operatorname{sen} 0)^{0.8} \geq 0.56)$.

El factor S es reevaluado por McCool et al. (1989), según la expresión:

$$S \triangleq 10.8 \operatorname{sen} 0 \geq 0.03 \text{ si } s \geq 9\%.$$

$$S \triangleq 16.8 \operatorname{sen} 0 \geq 0.50 \text{ si } s \geq 9\%.$$

Factor de cubierta, C .

La evaluación del factor C es difícil debido a los múltiples sistemas de cultivo y de manejo. En este caso el factor se ha estimado a partir del Mapa de cultivos y aprovechamientos nº 554 Piedrahíta (Mº de Agricultura, 1978), estableciéndose 9 clases de usos del suelo que se corresponden con los consiguientes valores del factor C . Dichos valores se han calculado a partir de los estudios realizados por ICONA, 1987 y 1988.

La toma de muestras se realizó en los horizontes edáficos superficiales, determinándose en el laboratorio una serie de parámetros: análisis granulométrico, pH y materia orgánica. La metodología utilizada ha sido la usual en análisis de suelos.

RELACIÓN DE PUNTOS MUESTRALES

Punto Muestral: 1 AV

Situación: Al sur, a 1 Km. de San Bartolomé de Tormes. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 13% de pendiente.

Vegetación: Roble joven (5%), escobas (80%).

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuentes gravas gruesas y finas de esquistos no alterados. Muy pocos fragmentos de minerales moscovíticos.

Raíces: Abundan raíces finas y muy finas.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
granulométrico:	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>	%	%
	5,49	11,10	15,21	18,93	8,9	25,09	16,07

Punto Muestral: 2 AV.

Situación: 470 m. al sureste de Ortigosa de Tormes. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 7% de pendiente.

Vegetación: Centeno o cebada. Cultivo en terrazas.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas gravas finas y muy pocas gruesas de esquistos poco alterados y algún cuarzo lechoso.

Raíces: Muy pocas.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
granulométrico:	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>	%	%
	6,36	15,98	17,40	18,61	9,04	21,11	11,49

Punto Muestral: 3 AV.

Situación: Al norte del Km. 23 de la carretera que une Navalperal de Tormes y Navacepeda. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Colina.

Topografía: Cóncava, con un 19% de pendiente.

Vegetación: Pastizal permanente de compuestas y gramíneas.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocos a frecuentes gravas de cuarzo y gruesas de esquistos angulares. Pocos fragmentos de minerales moscovíticos.

Raíces: Comunes raíces finas y muy finas.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
granulométrico:	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>	%	%
	7,83	18,91	15,39	13,69	6,66	23,57	13,95

Punto Muestral: 4 AV.

Situación: Izquierda del Km. 23.500 de la carretera que une Navalperal de Tormes y Navacepeda de Tormes, aproximadamente a 300 m de la vía. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Cóncava, con un 20% de pendiente.

Vegetación: Robles (15%), pastizales de alta montaña (85%), gramíneas varias, pastoreo relativamente alto.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas gravas finas angulares de esquistos.

Raíces: Pocas raíces finas.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>		
granulométrico:	8,70	18,22	17,14	15,80	7,51	21,20	11,43

Punto Muestral: 5 AV.

Situación: Al sur de La Herguijuela entre los puntos kilométricos 23 y 24 a 150 m. de la carretera de La Herguijuela a Navacepeda de Tormes. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Cóncava, con un 25% de pendiente.

Vegetación: Escobas (80%), gramíneas (15%).

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuentes gravas finas, esquistos no alterados.

Raíces: Raíces comunes finas y muy finas.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>		
granulométrico:	12,42	18,33	14,73	15,00	7,58	20,99	10,94

Punto Muestral: 6 AV.

Situación: Situado a 340 m. al norte de la carretera de La Herguijuela a Piedrahíta, en el Cerro de los Raillos, Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Cóncava, con un 12% de pendiente.

Vegetación: Piornal (50%), tomillo (10%), gramíneas varias (40%). Poco pastoreo.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuentes gravas finas y pocas gruesas de esquistos y cuarzo, el esquisto no está alterado.

Raíces: Comunes.

Ánálisis	Arenas %					Limo	Arcilla
	<u>muy gruesa</u>	<u>gruesa</u>	<u>media</u>	<u>fina</u>	<u>muy fina</u>		
granulométrico:	8,46	19,12	19,17	20,78	8,30	15,45	8,70

Punto Muestral: 7 AV.

Situación: Localizado al oeste del Km. 17 de la carretera de La Herguijuela a Piedrahíta. Lugar denominado Postuero Borbollón. Vertiente suroeste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Cóncava, con un 11% de pendiente.

Vegetación: Pastizales permanentes (95%), juncáceas (5%). Pastoreo con alta carga.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Poca grava fina de esquisto y algunas gravas angulosas de cuarzos y feldespatos.

Raíces: Abundantes raíces muy finas y finas, comunes raíces medianas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	10,12	17,32	15,01	14,12	6,92	20,16	16,34

Punto Muestral: 8 AV.

Situación: A 230 m. al sur del Km. 15, de la carretera de La Herguijuela a Piedrahíta, muy cerca de la cima del Puerto de Peña Negra.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 10% de pendiente.

Vegetación: Piornal (60%), resto gramíneas varias.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuentes a abundantes gravas finas, pocas gruesas de esquisto, cuarzos y feldespatos no alterados.

Raíces: Comunes raíces finas y muy finas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	8,33	15,35	15,14	15,95	8,33	21,41	15,49

Punto Muestral: 9 AV.

Situación: En el kilómetro 13.700, a 100 m. al oeste de la carretera de Piedrahíta, cerca del antiguo camino de Piedrahíta a Navalperal de Tormes. Vertiente noreste

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 22% de pendiente.

Vegetación: Piornal (10%), gramíneas varias (9%).

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas gravas finas y gruesas de cuarzo y feldespatos procedentes de la desintegración de los esquistos.

Raíces: Comunes raíces finas y medianas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	12,32	17,84	16,27	15,57	7,78	18,03	12,19

Punto Muestral: 10 AV.

Situación: Al norte del punto kilométrico 12, a 200 m. de la carretera a Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Colinado.

Topografía: Cónvava, con un 28% de pendiente.

Vegetación: Pradera de alta montaña (95%), piornos (3%), juncáceas en zonas húmedas.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas gravas finas y gruesas de esquistos compuesto por materiales cuarcíticos y feldespatoides.

Raíces: Abundantes raíces finas y muy finas de todos los tamaños.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	5,31	16,37	16,37	17,92	9,71	23,56	10,76

Punto Muestral: 11 AV.

Situación: Localizado cerca del kilómetro 9, al oeste a 270 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 18% de pendiente.

Vegetación: Pastizales permanentes (95%), piornos (4%). Pastoreo de alta frecuencia. Cerca de piedras.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas gravas angulares de cuarzo y feldespatos procedentes del esquisto alterado, muy pocas gravas gruesas de esquisto no alterado.

Raíces: Comunes raíces finas, pocas gruesas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	9,40	18,73	15,84	13,23	9,31	21,96	11,51

Punto Muestral: 12 AV.

Situación: Localizado al norte del kilómetro 9, a 230 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 24% de pendiente.

Vegetación: Piornal (40%), gramíneas varias (30%).

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas a frecuentes gravas de feldespatos angulares no alterados trozos de esquistos procedentes de la fracturación de la roca.

Raíces: Comunes raíces finas y muy finas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	12,69	18,20	18,36	19,83	9,28	14,32	7,32

Punto Muestral: 13 AV.

Situación: Localizado al este del kilómetro 6,700, a 200 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 19% de pendiente.

Vegetación: Robles (50%), gramíneas (30%), helechos y escobas (10%).

Sin pastoreo.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Pocas a frecuentes gravas finas y gruesas, de formas angulosas de esquistos, gravas muy pequeñas de cuarzo lechoso, muy pocos minerales micáceos laminares.

Raíces: Pocas a comunes raíces finas y medianas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	8,64	16,96	16,02	13,96	7,01	23,50	13,93

Punto Muestral: 14 AV.

Situación: Localizado al oeste del kilómetro 5, aproximadamente a 500 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 16% de pendiente.

Vegetación: Robles (70%), gramíneas con buen enraizamiento, musgos y líquenes que subren parte del suelo y de las rocas en superficie.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuente grava fina y gruesa de granos de cuarzo y feldespatos, trozos de grava gruesa procedente del esquisto.

Raíces: Pocas a comunes raíces de todos los tamaños.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	5,48	17,60	19,34	17,12	6,64	19,18	14,64

Punto Muestral: 15 AV.

Situación: Localizado el este del kilómetro 6,700, a 150 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Uniforme, con un 15% de pendiente.

Vegetación: Pinar (90%), robles y escobas (3%). Sin pastoreo. Buena capa de acículas y humus del tipo moder.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuentes gravas finas, pocas gruesas de cuarzo y feldespatos.

Raíces: Pocas a comunes raíces de todos los tamaños.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	8,03	19,79	20,26	15,70	6,27	18,89	11,11

Punto Muestral: 16 AV.

Situación: Localizado al oeste del kilómetro 13,800, aproximadamente a 200 m. de la carretera de Piedrahíta. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Colinado.

Topografía: Cóncava, con un 20% de pendiente.

Vegetación: Robles (70%), gramíneas de baja montaña con buen enraizamiento (95%), alta carga animal.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Muy pocas gravas finas y también gruesas de esquistos angulares.

Raíces: Comunes raíces finas y muy finas, algunas medianas.

Análisis

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	5,84	14,57	12,40	11,62	5,95	27,58	22,04

Punto Muestral: 17 AV.

Situación: Localizado el oeste de la carretera de Piedrahíta, en dirección a la comunidad de Casas de Navascuerda a unos dos kilómetros de la vía principal. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera baja.

Topografía: Uniforme, con un 5% de pendiente.

Vegetación: Cultivos hortícolas: berza. Práctica de cultivos en terrazas. Suelos húmedos.

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Abundante grave fina y muy fina, pocas gravas gruesas.

Raíces: Pocas raíces finas.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	4,95	14,14	20,98	21,04	9,39	19,15	10,34

Punto Muestral: 18 AV.

Situación: Localizado el oeste de la carretera de Piedrahíta, en dirección a la comunidad de Casas de Navascuerda a 1,200 kilómetros de la vía principal. Vertiente noreste.

Posición fisiográfica: Ladera.

Topografía: Cóncava, con un 17% de pendiente.

Vegetación: Robles (2%), gramíneas varias, escobas blancas y amarillas (70%), tomillar (8%).

Roca Madre: Esquistos.

Fragmentos rocosos y minerales: Frecuente gravas finas y gruesas del material parental.

Raíces: Pocas a comunes raíces de todos los tamaños.

Análisis granulométrico:	Arenas %					Limo %	Arcilla %
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
	7,38	15,62	17,16	21,57	10,79	17,80	9,67

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor R

La evaluación del factor R resulta de gran importancia cuando se intenta cuantificar las pérdidas de suelo debidas a la erosión hídrica.

Se ha calculado el valor de R (ICONA, 1988) para las 3 estaciones existentes en las proximidades de la Sierra de Villafranca (Villafranca, Zapardiel y Angostura), realizándose un mapa (MAPA 1) en el que se representan las isoyetas de precipitación y las isolíneas de valores de R.

En el mapa se puede observar que los valores de este factor están muy relacionados con la altitud, obteniéndose los máximos en las cimas de la Sierra de Villafranca y en las primeras estribaciones de la Sierra de Gredos. Esto se debe a que la precipitación, principal componente para este factor en este clima, aumenta al aumentar la altitud.

Factor K

Se han calculado los valores de K para los 18 puntos muestrales (ICONA, 1987)

1AV Δ 0.0339	7AV Δ 0.0308	13AV Δ 0.1194
2AV Δ 0.2207	8AV Δ 0.0393	14AV Δ 0.1384
3AV Δ 0.1320	9AV Δ 0.0143	15AV Δ 0.1434
4AV Δ 0.1389	10AV Δ 0.0917	16AV Δ 0.0496
5AV Δ 0.0742	11AV Δ 0.1385	17AV Δ 0.1980
6AV Δ 0.1455	12AV Δ 0.1183	18AV Δ 0.1913

Al correlacionar los valores de K calculados y los diferentes parámetros que intervienen en su desarrollo (granulometría, materia orgánica, estructura y permeabilidad), sólo se ha encontrado una correlación muy buena para el caso de la materia orgánica ($R \Delta 0.91$). Esto puede explicarse por la similar litología de la zona que determina unos suelos con una granulometría semejante, la cual a su vez condicionará tanto la estructura como la permeabilidad que presentan gran homogeneidad.

Para este caso concreto la ecuación de regresión es

$$K \Delta 0.2196 - 0.0174(M.O.)$$

que permitiría realizar la estimación del factor K en función de la materia orgánica, sin necesidad de recurrir a los demás parámetros que intervienen en su desarrollo.

Con los valores calculados de materia orgánica para cada tipo de utilización, se han estimado una serie de valores medios de k, en base a los cuales se ha realizado un mapa de factor K (MAPA II):

$K \triangleq 0.1675$, para los cultivos (**h**).

$K \triangleq 0.0978$, para pastizales, matorrales o/y arbolado con cubierta vegetal $\leq 20\%$ (**w**).

$K \triangleq 0.0807$, para el caso de arbolado con cubierta vegetal $\sim 20\%$ y pastizales o praderas permanentes (**t**).

Factor LS

Hemos calculado por separado los factores grado de la pendiente S y longitud de la pendiente L.

Con respecto a la pendiente, se han agrupado según sus valores, calculándose sus factores S correspondientes (Tabla 1). A su vez se ha elaborado un mapa de clases de pendientes (MAPA III).

TABLA 1

Valores calculados del Factor S a partir de las Clases de Pendiente

Clases	Pendiente media % (s)	Pendiente en grados (0)	Factor S
1	<1%	<0°34'23"	0.138 a*
2	1.7%	0°58'52"	0.215 a
3	3.6%	2°2'34"	0.415 a
4	6.35%	3°38'24"	0.716 a
5	10.66%	8°36'46"	2.016 b**
6	16.66%	9°33'0"	2.287 b
7	23.30%	13°22'12"	3.385 b
8	33.30%	19°6'5"	4.998 b
9	>40%	>22°55'12"	6.643 b

* a $S = 10.8 \operatorname{sen} 0 + 0.03$ si $s < 9\%$ (McCool et al., 1989).

** b $S = 16.8 \operatorname{sen} 0 - 0.50$ si $s \geq 29\%$ (McCool et al., 1989).

En el mapa se observa cómo a ambos lados de la Sierra de Villafranca 7 los valores son diferentes, siendo más elevados en la vertiente noreste (clases 7, 8 y 9) que en la suroeste (clases 5, 6, 7 y alguna 8). Es significativo que en la parte más alta de la Sierra la pendiente es bastante menor (clases 5 y 6) que en las primeras estribaciones (clases 7 y 8), como también ocurre en la Sierra de Gredos. Las zonas de menor pendiente se encuentran en la vega del río Corneja.

De igual forma se han desarrollado el factor L, pero únicamente se han calculado dos de los parámetros que intervienen en su desarrollo, B y m (Tabla 2). La explicación de este hecho, viene dada por el espíritu que rodeaba al planteamiento de este trabajo. Toda persona interesada en el cálculo de la erosión que puede producirse en una zona, únicamente tienen que introducir en la fórmula de cálculo de L la longitud de la ladera en su nueva concepción, es decir:

$$l \triangleq l' \cos \theta$$

en la l es la proyección horizontal de la longitud de la ladera, l' la longitud de la ladera paralela al terreno y 0 el ángulo de la pendiente.

TABLA 2

Valores calculados para los parámetros B y m (McCool et al., 1989)

Clases	Pendiente media % (s)	Pendiente en grados (0)	Valor B	Valor m
1	<1%	<0°34'23"	0.064	0.06
2	1.7%	0°58'52"	0.106	0.10
3	3.6%	2°2'34"	0.211	0.17
4	6.35%	3°38'24"	0.352	0.26
5	10.66%	8°36'46"	0.715	0.42
6	16.66%	9°33'0"	0.774	0.44
7	23.30%	13°22'12"	0.989	0.50
8	33.30%	19°6'5"	1.256	0.56
9	>40%	>22°55' 12"	1.406	0.58

Factor C

Ya se ha comentado la dificultad que conlleva la evaluación de este factor debido a los múltiples sistemas de cultivo y en general de utilización. Se han calculado una serie de valores del factor C en base a los diferentes tipos de uso del suelo (Tabla 3), elaborándose un mapa de factor C (MAPA IV).

TABLA 3
Valores calculados para el factor C según el tipo de utilización
(ICONA, 1987 y 1988)

Clase	Utilización	Factor C
a	Pastizal	0.003
b	Pinar	0.026
c	Roble, cobertura>50%	0.041
d	Roble, cobertura<50%	0.042
e	Matorral	0.13
f	Huertas	0.40
g	Cultivo de cereales	0.51
h	Cultivo de patatas	0.54
i	Improductivo, núcleo urbano	

No obstante la diferenciación de aprovechamientos es muy compleja, ya que en múltiples ocasiones resulta difícil distinguir las asociaciones como es el caso del pastizal con matorral o matorral con pastizal, que pueden dar valores de este factor bastante diferentes. Por ello estimamos que en estudios puntuales es muy conveniente calcular este factor con los datos obtenidos en el campo.

Los cuatro mapas (factor R, factor K, clases de pendientes y factor C) y el apéndice (mapa topográfico y situación de los puntos muestrales) han sido realizados a escala 1:50.000.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Institución "Gran Duque de Alba", de la Excma. Diputación Provincial de Ávila.

BIBLIOGRAFÍA

- BOYOUCOS, G.J. 1935. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. *J. Am. Soc. of Agronomy*, 27, 738-741.
- FAO. 1976. Conservación de suelos para los países en desarrollo. Boletín n° 30. Roma.
- FAO. 1983. Mantegamos la tierra viva: causa y remedios de la erosión del suelo. Boletín n° 50. Roma.
- FAO. 1984. Directrices para el control de la degradación de los suelos. FAOPNUMA. Roma.
- FAO. 1986. Desarrollo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos y aguas. Boletín n° 44. Roma.
- HUDSON, N. 1982. Conservación del Suelo. Ed. Reverté. 335 pg.
- ICONA, 1987. Mapa de Estados Erosivos. Cuenca hidrográfica del Guadalquivir. M° de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- ICONA, 1988. Agresividad de la lluvia. M° de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- KIRBY, M.J. y MORGAN, R.P.C., 1984. Erosión del Suelo. Ed. Limusa. 375 P9
- MC COOL, D.K.; FOSTER, G.R. y WEESSIES, G.A. 1989. "Slope length and Steepness factors (LS)n. En: The Revised Univiversal Soil Loss Equation, Chapter 4. USDA-ARS Tucson, Arizona.
- WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C.B. y CROSS, B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil and Water Conser.*, 26, 189-193.
- WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA, Agr. Res. Serv. Agr. Handbook, 537.