

ANÁLISIS DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LAS TIERRAS CON OLIVAR DE ALCALÁ LA REAL (JAÉN, ESPAÑA)

C. SIERRA, A. ROCA, F.J. MARTÍNEZ, M. SIERRA.

Dpto. de Edafología y Q. Agrícola. Fac. de Farmacia. Campus de Cartuja. C.P. 18071 Univ. de Granada

Abstract: The potential risks of hydric erosion are determined using the USLE in a pilot area in the olive grove of the south of Spain. The analysis of the different parameters in the area allows to give constant values for the factors R, C and P. The value K shows a gradient between 0,1 and 0,55, depending on the texture and nature of the clays. The topographical factor (LS) is essential to define the different erosion classes. The results are based on the field observations and the histograms of the thematic maps elaborated using the GIS IDRISI.

Key words: Erosion, USLE, olive grove, GIS.

Resumen. Se determinan mediante la USLE los riesgos potenciales de erosión hídrica en un área piloto dentro del olivar del sur de España. El análisis de los distintos parámetros permite dar en la zona valores constantes para los factores R, C y P. El valor K muestra un gradiente que oscila entre 0,25 y 0,55, dependiendo fundamentalmente de la textura y naturaleza de las arcillas. El factor topográfico (LS) es el eslabón fundamental para definir las distintas clases de erosión. Como soporte para el estudio utilizamos las observaciones de campo y los histogramas de los mapas temáticos elaborados mediante SIG IDRISI.

Palabras clave: Erosión, USLE, olivar, SIG.

INTRODUCCIÓN

El objeto del presente trabajo es valorar, mediante la USLE, los riesgos de erosión hídrica en suelos con olivos y generar un mapa múltiple (suelo-erosión-olivar) en el área piloto de Alcalá la Real (Jaén) (Fig.1), que por estar georreferenciado permite definir dicha composición para cada coordenada X,Y. El hecho es de interés práctico para el manejo del olivo y puede servir de modelo al resto del olivar andaluz. Como punto de partida, para contrastar los resultados, se tienen en cuenta las redes de drenaje, formas e

intensidad de las manifestaciones erosivas de origen pluvial y estado de la planta.

La filosofía del método USLE es utilizada en numerosos países con matizaciones en su aplicación local. En España son interesantes los trabajos de Almorox *et al* (1994), Antolin (1998), Bienes *et al* (2001), etc. Hay que tener en cuenta que las medidas directas de los parámetros de la USLE son costosas y de difícil aplicación, por ello parece útil desarrollar un sistema práctico que valore los riesgos potenciales de erosión en cada punto geográfico.

Como soporte para el estudio que presentamos utilizamos el trabajo de Mamani

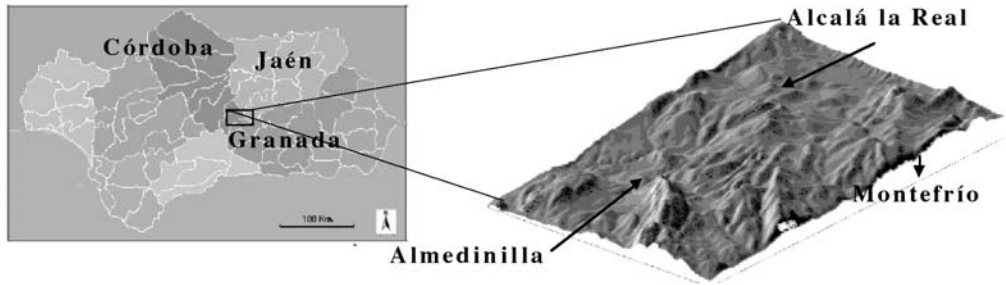


FIGURA 1. Localización y relieve del área de estudio

(2002), que diseña la red fluvial de las tierras de Alcalá la Real estableciendo diez subcuencas cuya morfología, extensión, relaciones de bifurcación y densidad de drenaje, marcan su poca evolución y el alto grado de erosión. En nuestro caso atenderemos a la composición pedónica de cada subcuenca, que puede servir como base futura para establecer mecanismos que reduzcan la erosión, resumidos por Wild (1992) en ralentizar la escorrentía, disminuir el impacto pluviométrico y la erodibilidad del suelo.

Uno de los factores más complejos de evaluar es el parámetro LS. Almorox *et al* (1994) destacan la presencia de regueros como índice en la evaluación de este parámetro y Bienes (2001) lo matiza estableciendo intervalos, según las pendientes, en función de las formas de erosión superficial y la intensidad. En la zona estudiada el relieve es complejo (Fig 1), con laderas de inclinación variable que contrastan con la de los macizos montañosos próximos (>45%). Son largas, simples y pronunciadas, a la vez que convexas, hecho que facilita la valoración unitaria del parámetro topográfico, teniendo en cuenta los rasgos erosivos externos (U.S. Soils Conservation Service, 1951). Cabe destacar que la efectividad práctica del proceso erosivo, en el olivar de la zona, disminuye en muchos sitios a causa de la potencia y naturaleza margosa del sustrato geológico, pero

exige enmiendas que compensen la fuerte degradación por pérdidas epipedónicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han tomado 59 muestras de suelos con olivar siguiendo un sistema estratificado al azar. Los métodos analíticos utilizados son los del Ministerio de Agricultura (1982).

Los datos topográficos se obtienen del Mapa Geográfico del Ejército a escala 1:50.000. La base topográfica digitalizada y el software Idrisi, tipo raster, permite elaborar el Modelo Digital del Terreno (MDT), que representa la superficie tridimensional como una matriz regular de puntos de coordenadas conocidas. Evaluamos los errores atributivos (eje z) tomando 30 puntos modales (15 geodésicos del mapa) y otros 15 en campo, bien distribuidos sobre el MDT y fotoidentificables, observando un error cuadrático medio (RMS) de 20 m, que es inferior al RMS permisible (25.8 m) calculado según revisión de 1947 sobre Precisión Estándar del Mapa Nacional de USA (Manual de Idrisi). A partir de este modelo se crea automáticamente el mapa de pendientes (P). El mapa de olivar se elaboró con datos SIG Oleico Español.

Para la valoración de los parámetros de la USLE se actuó de la forma siguiente: R con el sistema de ICONA (1988); K mediante la ecuación de Wischmeier *et al* (1969), tienien-

do en cuenta las modificaciones estructurales, texturales y de permeabilidad propuestas por Antolín (1998); LS, modificando la ecuación de Wischmeier et al (1978), aplicando en la ecuación los exponentes 0,6 y 1,4, respectivamente, si las pendientes son mayores del 20% ó 0,6 y 1 cuando son menores del 20%, tal como se recoge en la guía del Ministerio del Medio Ambiente (2000).

El parámetro C, se considera igual a 0,4 (Menjíbar, 2001) y el parámetro P se hace 1

por la inexistencia de prácticas de conservación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del estudio climático se deduce un gradiente termopluviométrico que modifica el clima local de subhúmedo en el sector occidental (Alcalá la Real) a seco subhúmedo en el tramo oriental (Almedinilla). Los resultados evaluadores de la incidencia de los factores erosivos se recogen en la Tabla 1.

TABLA 1. Valoración del grado de erosión según USLE

Muestra	R	K	LS	C	t/ha/año	Evaluación
30SVG 115438	140	0.46	2.22	0.40	57.4	Alta
30SVG 113451	140	0.34	2.36	0.40	44.9	Alta
30SVG 165448	152	0.46	4.51	0.40	127.0	Muy alta
30SVG 164457	152	0.40	3.38	0.40	82.6	Alta
30SVG 135426	152	0.36	6.50	0.40	144.2	Muy alta
30SVG 145404	152	0.36	1.23	0.40	27.1	Moderada
30SVG 213500	152	0.44	4.50	0.40	120.6	Muy alta
30SVG 224484	152	0.42	4.06	0.40	103.7	Muy alta
30SVG 239475	152	0.40	0.19	0.40	4.6	Muy baja
30SVG 204443	152	0.41	0.68	0.40	17.1	Moderada
30SVG 167501	152	0.25	1.74	0.40	26.3	Moderada
30SVG 138502	152	0.35	5.50	0.40	116.2	Muy alta
30SVG 126493	140	0.29	11.91	0.40	190.3	Muy alta
30SVG 137474	152	0.23	8.78	0.40	125.1	Muy alta
30SVG 227337	146	0.26	2.30	0.40	34.7	Moderada
30SVG 201354	146	0.55	0.21	0.40	6.8	Muy baja
30SVG 201352	146	0.34	0.30	0.40	6.0	Muy baja
30SVG 209366	146	0.34	2.11	0.40	41.3	Alta
30SVG 103337	146	0.37	1.46	0.40	31.7	Moderada
30SVG 156345	140	0.31	1.50	0.40	25.7	Moderada
30SVG 116407	146	0.41	8.75	0.40	209.5	Muy alta
30SVG 080337	146	0.30	11.91	0.40	211.0	Muy alta
30SVG 081377	146	0.27	11.47	0.40	182.3	Muy alta
30SVG 059342	146	0.31	10.77	0.40	195.0	Muy alta
30SVG 184437	146	0.33	8.88	0.40	172.2	Muy alta
30SVG 170379	146	0.25	0.32	0.40	4.7	Muy baja
30SVG 167369	146	0.27	1.50	0.40	23.4	Moderada
30SVG 198463	152	0.29	18.20	0.40	324.6	Muy alta
30SVG 202398	146	0.23	8.92	0.40	121.8	Muy alta

TABLA 1 (continuación). Valoración del grado de erosión según USLE

Muestra	R	K	LS	C	t/ha/año	Evaluación
30SVG 145377	146	0.22	0.32	0.40	4.0	Muy baja
30SVG 124395	146	0.54	9.21	0.40	290.3	Muy alta
30SVG 110377	146	0.29	1.00	0.40	17.1	Moderada
30SVG 110384	146	0.21	1.76	0.40	21.5	Moderada
30SVG 090372	140	0.33	2.39	0.40	43.7	Alta
30SVG 087412	140	0.35	5.74	0.40	112.5	Muy alta
30SVG 046439	140	0.42	15.38	0.40	361.6	Muy alta
30SVG 056412	140	0.48	6.61	0.40	177.3	Muy alta
30SVG 157482	140	0.24	0.69	0.40	9.5	Baja
30SVG 055505	140	0.32	7.42	0.40	131.1	Muy alta
30SVG 085463	140	0.36	1.68	0.40	33.7	Moderada
30SVG 240410	152	0.50	3.74	0.40	114.3	Muy alta
30SVG 036488	140	0.33	0.74	0.40	13.8	Baja
30SVG 030463	140	0.29	6.43	0.40	106.0	Muy alta
30SUG 001494	140	0.32	2.05	0.40	36.6	Moderada
30SUG 968504	140	0.34	5.63	0.40	105.6	Muy alta
30SUG 968458	140	0.30	7.69	0.40	129.2	Muy alta
30SVG 003463	140	0.32	10.46	0.40	186.1	Muy alta
30SUG 994417	140	0.31	0.74	0.40	12.8	Baja
30SUG 962405	140	0.35	5.06	0.40	99.5	Alta
30SUG 974442	140	0.37	0.81	0.40	16.6	Moderada
30SUG 993438	140	0.32	6.72	0.40	121.1	Muy alta
30SVG 023439	140	0.42	0.29	0.40	6.8	Muy baja
30SVG 027399	140	0.23	1.09	0.40	14.2	Baja
30SVG 031381	140	0.26	7.66	0.40	112.1	Muy alta
30SVG 065373	146	0.28	1.09	0.40	17.9	Moderada
30SVG 001371	146	0.34	4.13	0.40	82.0	Alta
30SVG 015347	146	0.37	1.66	0.40	35.7	Moderada
30SUG 999357	146	0.31	8.88	0.40	160.6	Muy alta
30SUG 972356	146	0.26	23.82	0.40	368.1	Muy alta

Los valores de R oscilan entre 152 en la zona más húmeda y 140 en la más seca, pudiendo aplicarse en toda el área un valor medio de 146, sin que se modifique la extensión superficial de las clases de erosión halladas. El parámetro K varía entre 0,21 y 0,55 de modo que $K > 0,3$ cuando los suelos están poco evolucionados, Regosoles o Calcisoles, manteniendo en común el alto contenido en arcilla hinchable heredada de las margas subyacentes, donde la regolita emergente evidencia la actividad agrícola que afecta a las pro-

piedades físicas y químicas de los horizontes superficiales, desarrollando estructuras subangulares moderadas, de tamaño variado, relacionadas con la intensidad de las labores y facultando, en muchos casos, la existencia de suelas de labor; son muy plásticos, adherentes, friables y duros a muy duros cuando secos, favoreciendo los deslizamientos en masa. Cuando $K < 0,3$ los suelos tienen desigual desarrollo y textura más equilibrada, perdiéndose los rasgos vertisólicos o están afectados por el mayor contenido en M.O.,

como es el caso de los suelos leptosólicos. Los valores de C y P, como se ha señalado, se cuantifican como 0,4 y 1 respectivamente. Los factores L y S se determinaron sobre el mapa topográfico y la cuantificación del parámetro LS dio resultados dispares, que van desde 0,17 a 23,82, guardando con la pérdida de suelo una relación lineal expresada por la ecuación:

$$A = 2,32753 + 18,582 \text{ LS (nivel de significación del 99\%)}$$

La Figura 2, representa el desarrollo estadístico de los mapas de pendientes y olivar, utilizando el baremo de pendientes de Scholz (Mamani, 2002). Se aprecia que las clases 2 (2-8%), 3 (8-16%), 4 (16-30%) y 5 (30-45%),

ocupan el 87,27% de la superficie total y de ella el 61,32% está dedicada a olivar. Cabe destacar las clases 3 y 4 como las mejores representadas desde el punto de vista oleícola, con un 75,40% de la superficie ocupada por olivos.

Finalmente, las clases 6, 7 y 8, las más abruptas, con pendientes mayores del 45%, y una extensión del 5,17% del total del área experimental de las cuales el 2,10% son olivar. Estas clases, junto a la clase 1 (0-2%), representan el ámbito actual de expansión del olivar, que es más acusado en las zonas vertisólicas donde llegan a cubrir el 47,37% de su superficie.

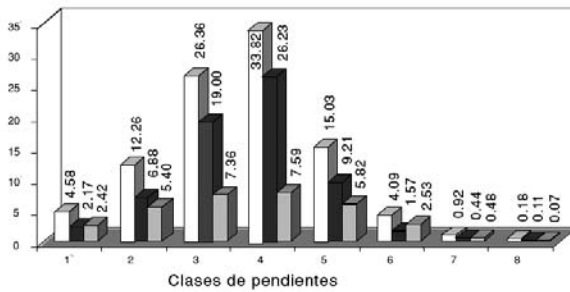


FIGURA 2. Superficie de las clases de pendientes con olivar y otros usos

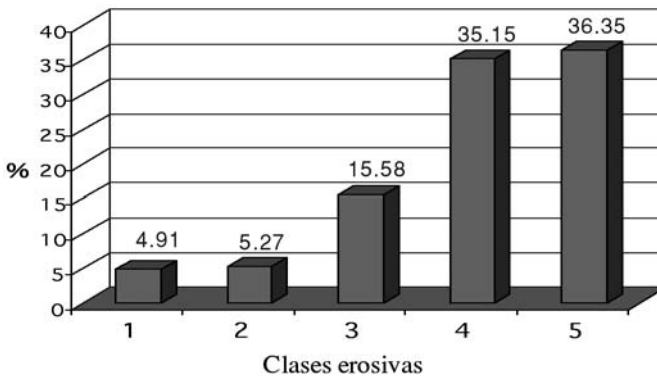


FIGURA 3. Clases de erosión y porcentaje de superficie con olivar

Mediante la USLE discriminamos las cinco clases erosivas propuestas por Antolín (1998), siendo las clases más erosivas las mejor representadas dentro del olivar (71,50%) (Fig. 3), hecho que guarda relación con el estado de las subcuencas de drenaje, las formas erosivas y el estado de la planta (Fig. 4). Hay que tener en cuenta que en la mayoría de los casos las huellas erosivas se ocultan merced a las labores agrícolas.

Con la superposición de los mapas de olivar, suelo y erosión, se elaboró una nueva cartografía que permite conocer el estado erosivo en cada punto geográfico. Aquí presentamos el histograma correspondiente (Fig. 5) y de su análisis podemos concluir que los máximos riesgos erosivos corresponden a zonas cuyas composición pedónica tiene ciertas propiedades vérticas (Regosoles paraver-

ticalcáricos) y guarda estrecha relación con la pendiente, de ahí que, por ejemplo, las clases 9 y 24 tengan pérdida de suelo moderada o muy alta. Los suelos no vertisólicos tienen evolución distinta, su erodibilidad es más moderada y la erosión se identifica claramente con la pendiente, como sucede en la clase 23. Si hay Regosoles gipsíferos los riesgos de erosión se elevan, salvo en las depresiones. Cuando dominan en la composición pedónica los Leptosoles el proceso varía tanto con el factor LS como por el contenido en materia orgánica del suelo (K). De acuerdo con las experiencias y comprobación en el campo se pueden estandarizar en las zonas con olivos los parámetros de la USLE, quedando el factor LS como la variable independiente que regula el riesgo erosivo en cada punto geográfico.



FIGURA 4. Tipos y clases de erosión en suelos de olivar

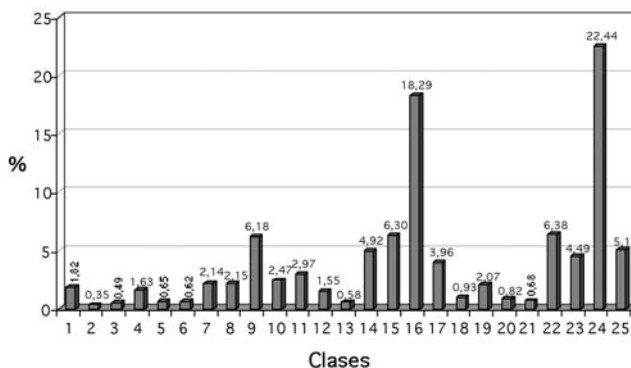


FIGURA 5. Histograma y leyenda de las clases de erosión de suelos con olivar de Alcalá la Real (Jaén).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LAS CLASES Y TIPOS DE EROSIÓN

CLASE	COMPOSICIÓN DE LA UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	EROSIÓN*
1.	Regosoles paraverti-calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusión de Cambisoles calcáricos o vérticos.	MB
2.	Vertisoles grúmicos y pélicos con inclusión de Cambisoles vérticos y Regosoles paraverti-calcáricos	B
3.	Regosoles calcáricos con inclusión de Calcisoles háplicos y Cambisoles calcáricos	B
4	Regosoles paraverti-calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusión de Cambisoles calcáricos o vérticos	B
5.	Regosoles calcáricos y gipsíferos con inclusiones de Leptosoles calcáricos	M
6.	Leptosoles líticos y calcáricos con inclusión de Regosoles lépticos	M
7	Vertisoles grúmicos y pélicos con inclusión de Cambisoles vérticos y Regosoles paraverti-calcáricos	M
8	Regosoles calcáricos con inclusión de Calcisoles háplicos y Cambisoles calcáricos	M
9	Regosoles paraverti-calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusión de Cambisoles calcáricos o vérticos	M
10.	Regosoles paraverti-calcáricos, Vertisoles cálcicos inclusión de Calcisoles háplicos, Cambisoles vérticos	M
11.	Regosoles calcáricos y gipsíferos con inclusiones de Leptosoles calcáricos	A
12.	Leptosoles líticos y calcáricos con inclusión de Regosoles lépticos	A
13.	Leptosoles y Regosoles calcáricos con inclusión de Cambisoles calcáricos	A
14.	Vertisoles grúmicos y pélicos con inclusión de cambisoles vérticos y Regosoles paraverti-calcáricos	A
15	. Regosoles calcáricos con inclusión de Calcisoles háplicos y Cambisoles calcáricos	A
16	Regosoles paraverti-calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusión de Cambisoles calcáricos o vérticos	A
17.	Regosoles paraverti-calcáricos, Vertisoles cálcicos inclusión de Calcisoles háplicos, Cambisoles vérticos	A
18.	Calcisoles háplicos y Cambisoles calcáricos con inclusión de Calcisoles hipercálcicos	A
19.	Regosoles calcáricos y gipsíferos con inclusiones de Leptosoles calcáricos	MA
20.	Leptosoles líticos y calcáricos con inclusión de Regosoles lépticos	
21.	Leptosoles y Regosoles calcáricos con inclusión de Cambisoles calcáricos	MA
22.	Vertisoles grúmicos y pélicos con inclusión de Cambisoles vérticos y Regosoles paraverti-calcáricos	
23	Regosoles calcáricos con inclusión de Calcisoles háplicos y Cambisoles calcáricos	MA
24.	Regosoles paraverti-calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusión de Cambisoles calcáricos o vérticos	MA
25.	Regosoles paraverti-calcáricos, Vertisoles cálcicos inclusión de Calcisoles háplicos, Cambisoles vérticos	MA

*EROSIÓN (Tm/ha/año): MB:Muy baja (0-7); B:Baja (7-14); M:Moderada (14-50); A:Alta (50-100); MA:Muy alta (>100).

CONCLUSIONES

El olivar de la zona se extiende, preferentemente, sobre laderas con pendientes del 8 al 45%, que representan aproximadamente el 55% del área total. En vertientes con pendientes del 16 al 45%, el olivar es el uso dominante (75,40% del área total tiene olivar) y marca un paisaje típico, definido por su monotonía, orden, color de los suelos, sólo roto, aisladamente, por islotes de vegetación climática (7,60%) y fondos de valle con cultivos semillados (12%).

El método aplicado en la evaluación de la erosión actual, discrimina mayoritariamente pérdidas de suelo altas a muy altas, hecho que se relaciona con la moderada agresividad climática en toda el área (), frente a un medio edáfico poco evolucionado, frágil y bastante homogéneo, que implica valores del factor K variables, pero prácticamente iguales en toda el área olivarera (0,30), relacionados con la regolita y la poca incidencia del contenido orgánico. El factor LS es fundamental a la hora de establecer los riesgos erosivos en el área, existiendo una correlación, entre efecto y causa, altamente significativa ($r^2=0,895$). El valor C se estandariza en 0.4 y el parámetro P no se tiene en cuenta, por la poca entidad de las prácticas de conservación en la zona.

REFERENCIAS

Antolín, T.C. (1998). El suelo como recurso natural en la comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana, 187 p.

Bienes, R., Domínguez, M.A. y Pérez, R. (2001). Mapa de degradación de los suelos de la comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. 121 p.

ICONA (1988). Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 39 p.

Mamani, J.F. (2002). Génesis, cartografía y evaluación de suelos de olivar en la hoja de Alcalá la Real (990). Tesis Doctoral. Univ. Granada. 376 p.

Menjíbar, J.C. (2001). Estudio de suelos de olivar de la hoja de Torres (948). Su evaluación y degradación. Tesis Doctoral. Univ. Granada, 402 p.

Ministerio de Agricultura (1982). Métodos Oficiales de Análisis de Suelos del Ministerio de Agricultura. Madrid. 182 p.

Ministerio de Medio Ambiente (2000). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 809 p.

Wischmeier, W.H. y Mannering, J.V. (1969). Relation of soil properties to its erodibility". *Soil Science Society of America Proceedings*. **33**: 131-137.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. *Washington D.C., USDA, Agric. Handbook*, 537. 58 p.