

Modelos de distribución espacial de la erosión en laderas cultivadas con viñedos

J. Arnáez⁽¹⁾, L. Ortigosa⁽¹⁾, P. Ruiz-Flaño⁽²⁾, J. A. Llorente⁽¹⁾
T. Lasanta⁽³⁾

(1) Área de Geografía Física, Universidad de La Rioja, Edificio Luis Vives, 26004 Logroño (España). E-mail: jose.arnaez@unirioja.es

(2) Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Paseo Prado de la Magdalena, 47071 Valladolid (España). E-mail: puriruz@fyl.uva.es

(3) Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Campus de Aula Dei, Apdo. 13034, 50080 Zaragoza (España). E-mail: fm@ipe.csic.es

RESUMEN

Soils cultivated with vineyards have high rates of erosion. In the Mediterranean area, this is related to the environmental characteristics and the management of cultivation techniques. Indeed, in this region the rainfall intensity and the location of vineyards on slopes favour the erosive activity of runoff. The total area of vineyard in La Rioja (Spain) is currently almost 40,000 ha. Vineyards are located on hillsides between 400 and 600 m a.s.l. Of the vineyards of La Rioja, 81.7% are planted on slopes with a gradient between 3° and 9°.

The aim of this paper is to present the behaviour and spatial organization of soil erosion in vineyards after high intensity rainfall and to identify the factors that influence in this organization. From erosion processes cartography, geographic information systems and multivariate statistical analysis, the distribution of erosion on a hillside cultivated with vineyards is modelling and predicted. The results are validated and compared with WATEM, a spatially distributed soil erosion and sediment delivery model.

The use of spatial models of erosion can be very useful for agriculture, since they predict areas vulnerable to erosion and assist in planning of soil conservation techniques.

Key words: erosion, vineyards, models, multivariate analysis, WATEM

INTRODUCCIÓN

La pérdida de suelo en espacios agrícolas constituye un destacado problema ambiental. En áreas mediterráneas la erosión hídrica afecta sobre todo a cultivos en laderas con escaso cubrimiento vegetal, como los viñedos, donde, además, los nuevos marcos de plantación y sistemas de laboreo para mejorar la eficiencia de la mecanización han favorecido el abandono de técnicas tradicionales de conservación de suelos (López Bermúdez y García-Ruiz, 2008).

En la actualidad se dispone de información cuantitativa sobre generación de escorrentía y tasas de erosión en viñedos de diferentes regiones. También se han estudiado las consecuencias erosivas tras precipitaciones de baja, moderada y alta intensidad (Arnáez et al., 2007). Sin embargo, se necesita conocer con mayor detalle los factores que controlan la actividad de procesos de erosión y su distribución a lo largo de la ladera. De este modo, se podrán diseñar sencillos modelos que ayuden a detectar áreas de riesgo y a aplicar medidas de control y conservación de suelos.

Para predecir la distribución y organización espacial de los procesos de erosión en laderas cultivadas con viñedos afectadas por precipitaciones de alta intensidad horaria, en este trabajo

se ha aplicado un modelo estadístico multifactorial (análisis discriminante). Posteriormente, los resultados han sido comparados y validados con WATEM, un modelo para simular la erosión de los procesos de escorrentía superficial en un espacio bidimensional.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al sector más occidental de la Depresión del Ebro (La Rioja, NE de España) (42°26'N, 2°23'W). Se trata de una ladera con una extensión total de 22.7 hectáreas, localizada a una altitud de 417-496 m, con pendientes que oscilan entre 5° y 15°. La ladera está cultivada con viñedos dispuestos en hileras según la dirección de la pendiente. Estas hileras se encuentran separadas por calles de 3 metros de anchura sin cubierta vegetal. Las parcelas de viñedos están limitadas por linderos y, en algunos casos, por pequeños bancales o caminos de acceso.

El clima del área es mediterráneo, con matices continentales. La temperatura media anual es 13.2°C y las precipitaciones alcanzan los 404 mm anuales, con un máximo principal en primavera. Durante el verano y el otoño pueden esperarse precipitaciones de alta intensidad horaria. En el área de estudio se han calculado intensidades máximas de 56 mm h⁻¹ para tormentas de 30 minutos (periodo de retorno de 25 años) (INM, 2003).

METODOLOGÍA

El análisis de la organización espacial de los procesos de erosión en la ladera estudiada se realizó, en primer lugar, a partir de una cartografía de detalle que se confeccionó después de dos tormentas de fuerte intensidad horaria: 36.6 mm h⁻¹ y 31.2 mm h⁻¹ para 10 minutos. El manejo de la ortofotografía, a 0.5 metros de resolución, facilitó la referenciación espacial de los procesos: arroyamiento laminar, rigolas y cárcavas, áreas con sedimentación laminar somera (espesores de <10 cm), áreas con sedimentación laminar profunda (espesores de >10 cm) y deslizamientos en taludes. Posteriormente, la cartografía se digitalizó y trasladó a un sistema de información geográfica.

Por otra parte, un levantamiento topográfico de la ladera, a escala 1:500, permitió construir un modelo digital del terreno (MDT), con una resolución espacial de 0.5 m. Del MDT y de la planimetría de las parcelas se obtuvieron de forma directa las siguientes variables: altitud, pendiente, áreas de contribución hídrica, distancias a los umbrales topográficos (áreas con pendientes superiores al 40%), distancias a las depresiones interiores; distancias a los lindes superiores e inferiores de las parcelas.

Para la confección del modelo de distribución de procesos de erosión y sedimentación se utilizó un análisis discriminante (estadística multifactorial), con extrapolación cartográfica de predicción de los microambientes geomorfológicos. Los resultados fueron comparados con WATEM, un modelo de distribución espacial de erosión de suelos y producción de sedimentos, desarrollado por el Physical and Regional Geography Research Group (K. U. Leuven)¹, una vez calculados los parámetros necesarios para su funcionamiento. WATEM permite incorporar las estructuras del paisaje y su conectividad (Van Oost et al., 2000, Van Rompaey et. al., 2001).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se incluyen los datos correspondientes a la distribución de los procesos en el área de estudio. Se observa que, después de la precipitación de fuerte intensidad horaria, el 64% de la superficie del viñedo se vio afectada por procesos visibles de erosión y acumulación, destacando la sedimentación laminar somera (<10 cm) (28.4%), el

¹ geo.kuleuven.be/geography/modelling/erosion/watem/index.htm

arroyamiento laminar (17.5%) y la sedimentación laminar profunda (>10 cm) (12.7%). También se comprueba la ocupación de las pendientes más pronunciadas por parte de los procesos de erosión (arroyamiento laminar, rigolas-cárcavas y deslizamientos), mientras que las formas de acumulación (sedimentación laminar somera y profunda) se centran en las pendientes más suaves. El análisis detallado de la tabla permite intuir una cierta organización de los procesos con relación a las variables consideradas.

Tabla 1. Superficie ocupada por los procesos de erosión-sedimentación y valores medios de las variables

Procesos	Superficie (%)	Altitud (m)	Pendiente (°)	ARH (m ²)	DUAB (m)	DUAA (m)	DLPAB (m)	DLPAA (m)	DDD (m)
0	35.6								
1	17.5	463.75	11.15	93.01	10.89	14.12	35.12	35.63	43.18
2	5.2	443.50	10.62	787.5	13.76	13.51	11.20	12.07	24.23
3	28.4	445.58	6.78	157.64	21.62	21.77	20.57	20.01	28.20
4	12.7	448.06	9.19	383.66	17.94	7.85	14.88	10.46	23.39
5	0.2	439.69	15.72	292.61	5.46	2.21	10.99	3.07	19.07

0: sin procesos; 1: arroyamiento laminar; 2: rigolas y cárcavas; 3: sedimentación laminar somera; 4: sedimentación laminar profunda; 5: Deslizamientos en taludes.

ARH: áreas de contribución hídrica; DUAB: distancia a umbrales aguas arriba; DUAA: distancia a umbrales aguas abajo; DLPAB: distancia a lindes de la parcela aguas abajo; DLPAA: distancia lindes de la parcela aguas arriba; DDD: distancia a depresiones.

La relación entre los procesos de erosión-acumulación y las variables fue cuantificada a través de un análisis multifactorial (discriminante) que perseguía tres objetivos: identificar los factores más determinantes en la organización espacial de los procesos, comprobar el ajuste del método y, finalmente, confeccionar una cartografía predictiva.

El 73.4% de la varianza es acumulada por la primera función discriminante que remarca el papel de la distancia a las lindes de la parcela. La segunda función, con el 18,6% de la varianza, subraya la importancia de la pendiente y los umbrales topográficos. El análisis demuestra, pues, el papel que juega en la distribución de los procesos de erosión la microtopografía, pero, especialmente, la estructura parcelaria.

La tabla 2 recoge los resultados de la clasificación realizada mediante los criterios del análisis discriminante. El modelo clasifica adecuadamente el arroyamiento laminar (60.6%), la sedimentación laminar profunda (52.5%), los deslizamientos en los taludes (50.3%) y la sedimentación laminar somera (45.4%). Sin embargo, no se ajusta la erosión de rigolas y cárcavas en este tipo de análisis.

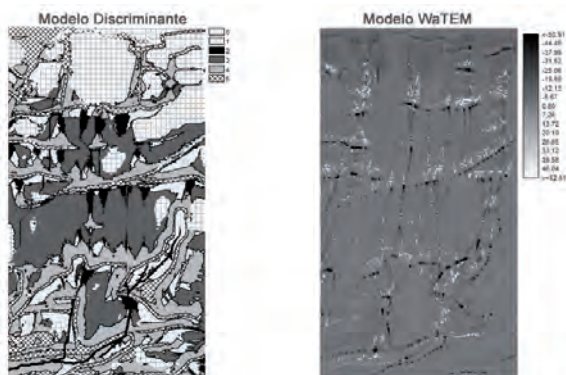
Tabla 2. Clasificaciones del modelo de análisis discriminante

Formas y procesos	Grupo de pertenencia pronosticado (%)				
	1	2	3	4	5
1	60.6	3.9	21.6	6.8	1.1
2	7.6	13.3	27.9	26.3	11.7
3	11.8	.5.5	45.4	16.5	2.1
4	10.2	6.5	7	52.5	16.2
5	1.8	0.7	5.9	38.8	50.3

1: arroyamiento laminar; 2: rigolas y cárcavas; 3: sedimentación laminar somera; 4: sedimentación laminar profunda; 5: Deslizamientos en taludes.

La cartografía predictiva del análisis discriminante, aplicada a una sección de la ladera de 45 ha, se representa en la figura adjunta. Se observa una distribución de los procesos, con predominio de las superficies ocupadas por el arroyamiento laminar en la parte superior de la ladera y de las de acumulación en los sectores inferiores. También puede comprobarse el

importante papel que ejerce el parcelario y las pequeñas estructuras abancaladas que retienen con bastante eficacia los sedimentos que circulan por las laderas.



La comparación entre los modelos Discriminante y WATEM se recoge en la figura adjunta y en la tabla 3. Se observa cómo el arroyamiento laminar y los deslizamientos en taludes aportan pérdidas de suelo (13.93 Tm ha^{-1} y 98.3 Tm ha^{-1}). La sedimentación laminar somera y profunda acumula material (9.15 Tm ha^{-1} y 27 Tm ha^{-1}). El modelo WATEM, por lo tanto, parece relacionarse con el discriminante, mostrando ambos un alto nivel de coherencia. Sin embargo, los resultados no son óptimos para las

incisiones. El análisis discriminante ya indicaba una mala clasificación para estos procesos que se confirma en el modelo WATEM. Al superponer ambos mapas, cárcavas y rigolas coinciden con áreas de acumulación.

Siendo conscientes de que debe avanzarse más en el perfeccionamiento del modelo, se concluye que el discriminante podría convertirse, de cara a la aplicación de sistemas de control de la erosión, en un método rápido y eficaz, especialmente para predecir la distribución de procesos de erosión y acumulación de carácter laminar (que ocupan grandes superficies). Sin embargo es bastante ineficaz para predecir procesos lineales (cárcavas y rigolas).

Tabla 3. Valores medios aportados por el modelo WATEM en relación con el procedente del AD

P. erosión-sedimentación	WATEM (Tm ha^{-1})
1. Arroyamiento laminar	-13.93
2. Rigolas y cárcavas	67.88
3. Sedimentación laminar somera	9.15
4. Sedimentación laminar profunda	27.01
5. Deslizamientos en taludes	-98.30
Media	-1.63

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CETSUS (CGL2007-66644-C04-03/HID) y PROBACE (CGL2006-11619/HID) (Secretaría de Estado de Universidades e Investigación).

REFERENCIAS

- ❖ Arnáez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., Ortigosa, L. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. *Soil & Tillage Research*, 93: 324–334.
- ❖ INM (Instituto Nacional de Meteorología). 2003. *Curvas de intensidad-duración-frecuencia*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid
- ❖ López Bermúdez, F. y García-Ruiz, J.M. 2008. La degradación del suelo por erosión hídrica en España. En: *Erosión y degradación del suelo agrícola en España* (A. Cerdá, Ed.). Universidad de Valencia: 11-49, Valencia.
- ❖ Van Oost, K., Govers, G., & Desmet, P.J.J. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15 (6): 579-591.
- ❖ Van Rompaey, A., Verstraeten, G., Van Oost, K., Govers, G. & Poesen, J. 2001. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26 (11), 1221-1236.