

PROCESOS DE EROSIÓN Y PÉRDIDAS DE SUELO TRAS LLUVIAS INTENSAS EN VIÑEDOS DE LA RIOJA (ESPAÑA)

PURIFICACIÓN RUIZ-FLAÑO¹
JOSÉ ARNÁEZ VADILLO²
TEODORO LASANTA MARTÍNEZ³
LUIS ORTIGOSA IZQUIERDO²

RESUMEN

En este trabajo se discuten las principales pautas del comportamiento geomorfológico de laderas cultivadas con viñedos en La Rioja. Mediante cartografía detallada y simulación de lluvia se ha estudiado la distribución y organización de los procesos en parcelas de viña así como las pérdidas de suelo con precipitaciones intensas. El arroyamiento laminar y las acumulaciones de sedimentos son los procesos de mayor ocupación superficial. El modelo de distribución espacial obtenido pone de manifiesto que la instalación de estos procesos responde a parámetros microtopográficos (pendiente, depresiones locales, etc.) y a la presencia de estructuras agrícolas (lindes, umbrales entre parcelas). Mediante simulación de lluvia se cuantifican las pérdidas de suelo y se valora el papel que ejercen factores como la intensidad de la lluvia, la energía cinética de la tormenta, la escorrentía, la resistencia del suelo y la pedregosidad.

Palabras clave: erosión, viñedos, La Rioja, simulación de lluvia, modelos.

The main patterns of geomorphological dynamics in vineyards of La Rioja are studied in this paper. The spatial distribution of geomorphic processes as well as soil losses related to intense rainstorms were analysed by means of detailed field mapping and simulated rainfall. Sheet wash erosion and the development of sedimentary accumulations are the most extended processes. The model of spatial distribution shows that the location of such processes is related to microtopography (slope, local depressions) and to the presence of farm structures (field borders, steps between plots). By means of rainfall

1. Dpto. de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Valladolid, Paseo Prado de la Magdalena, s/n. 47011-Valladolid. E-mail: puriruiz@fyl.uva.es

2. Área de Geografía Física (DCHS). Universidad de La Rioja, Luis de Ulloa, s/n. 26004-Logroño. E-mail: jose.arnaez@dchs.unirioja.es; luis.ortigosa@dchs.unirioja.es

3. Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Campus de Aula Dei. Apdo. 202. 50080-Zaragoza. E-mail: fm@ipe.csic.es

simulation, soil losses have been quantified and the role of environmental factors (rainfall intensity, storm kinetic energy, runoff, resistance of the soil material, slope gradient and gravel cover) has been evaluated.

Key words: *soil erosion, vineyards, La Rioja (Spain), rainfall simulation, models.*

0. INTRODUCCIÓN

Junto con el olivo y el almendro, el viñedo constituye el cultivo que soporta las mayores pérdidas de suelo entre los de secano de ambientes mediterráneos y semiáridos, como consecuencia tanto de la intensidad de algunos eventos lluviosos (Ramos y Porta, 1997) como del cubrimiento temporal y parcial del suelo por parte de la vegetación (Le Bissonnais *et al.*, 2001) y de su localización en laderas muy pendientes para el laboreo agrícola (Tropeano, 1984; Martínez Casasnovas, 1998). Además, las prácticas tradicionales de conservación se han sustituido por labores más intensivas que priman la producción y olvidan la conservación del suelo (Caraveli, 2000; Busch, 2006).

Como es lógico las mayores pérdidas de suelo se registran en eventos de lluvia de alta intensidad y baja frecuencia. Numerosos trabajos aportan información sobre la magnitud de las pérdidas de suelo en tales casos. Así, Wainwright (1996) señala que el 22 de septiembre de 1992 se registraron 300 mm de lluvia en el SE de Francia (lluvia con periodo de retorno de 300 años), ocasionando unas pérdidas de suelo de 34 Mg/ha⁻¹. Martínez-Casasnovas *et al.* (2005) informan de que el 10 de junio de 2000 se registró una lluvia de 214,6 mm en el NE de España (periodo de retorno de 105 años), lo que implicó pérdidas de suelo de 282 Mg/ha⁻¹. Junto a estos eventos, que pueden considerarse excepcionales por su dilatado periodo de retorno, se registran otros de menor intensidad, pero bastante frecuentes, que ocasionan tasas de erosión considerables y generan cárcavas efímeras, arrastres laminares y formación de extensas áreas de sedimentación (Usón, 1998; Casalí *et al.*, 1999 y 2000; Martínez Casasnovas *et al.*, 2005).

También en los viñedos riojanos se registran pérdidas de suelo importantes, ligadas a eventos de lluvia de relativa intensidad (Lasanta, 1985; Beguería *et al.*, en prensa). Hay que tener en cuenta que muchos de los viñedos se localizan en laderas muy pendientes con suelos pedregosos. En este sentido, Arnáez *et al.* (en prensa), utilizando técnicas SIG, confirman que, en la actualidad, más del 35% de su superficie se ubica en laderas entre el 10% y el 20% de pendiente y al menos el 18% lo hace sobre pendientes superiores al 20%.

La formación de surcos, cárcavas y áreas de sedimentación tiene evidentes consecuencias ambientales y económicas. El agricultor necesita, tras la tormenta, labrar la tierra para evitar la progresión de estos procesos, lo que conduciría a cambios topográficos locales a medio y largo plazo (Bennet *et al.*, 2000). Aún con todo, las cepas sufren estrés hídrico y parte de la capa superficial del suelo, la más fértil, se pierde ladera abajo, reduciéndose

a medio plazo la productividad del suelo (Woodward, 1999). Además, la repetición de eventos lluviosos erosivos tiene efectos en la economía de las explotaciones; Martínez-Casasnovas *et al.* (2005) calcularon que el coste de las operaciones necesarias para reponer la tierra en su lugar tras una lluvia de alta intensidad representaba el 5% de los ingresos de las explotaciones de viñedo del Penedés.

El área de Geografía Física de la Universidad de La Rioja incluye entre sus líneas de trabajo el estudio de la erosión en viñedos, con el fin de poder aportar información y contribuir a controlar las causas que generan los procesos de erosión. Se ha estudiado, fundamentalmente, la influencia de las prácticas de laboreo y sistemas de gestión en la escorrentía y erosión del suelo (Lasanta, 1985; Lasanta y Sobrón, 1988) y el papel de algunos factores especialmente importantes en la activación de estos procesos (suelo, pendiente y pedregosidad) (Arnáez *et al.*, 2007). En este trabajo se definen las principales pautas de comportamiento geomorfológico de laderas cultivadas con viña y afectadas por lluvias intensas. Se destaca la organización espacial de los procesos y se cuantifican las pérdidas de suelo después de un evento de relativa intensidad y a partir de pruebas de simulación de lluvia.

1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en una ladera del término denominado Zorraquín o La Rad de Varea, dentro del municipio de Villamediana de Iregua, a unos seis kilómetros de Logroño (figura 1, foto 1). La ladera, que asciende a un antiguo nivel de glacis, posee una extensión total de 22,7 hectáreas, con pendientes que oscilan entre el 7% y el 10%.

El viñedo se extiende sobre esta ladera de forma ininterrumpida, formando hileras que se disponen paralelas a la línea de la pendiente y se encuentran separadas por calles de unos 3 metros de anchura. Como con-

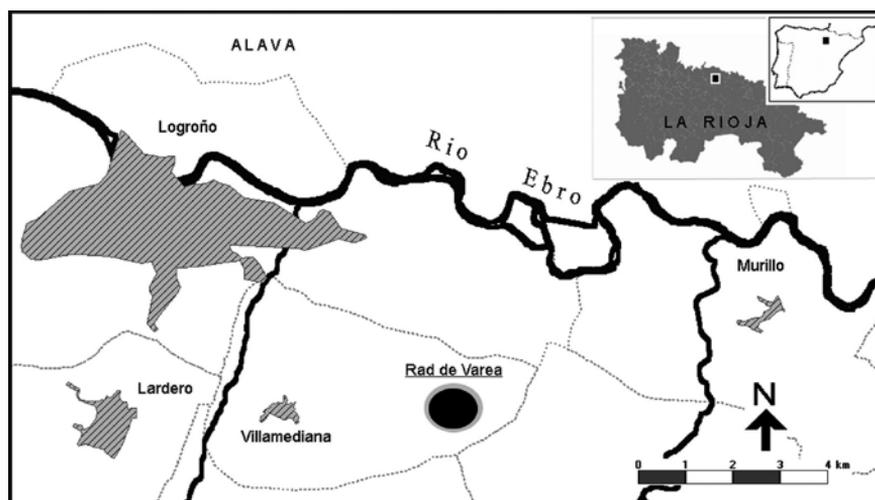


Figura 1. Localización del área de estudio.



Foto 1. Panorámica general de la ladera de viñedo analizada (Villamediana).

secuencia de las frecuentes labores agrícolas, estas calles están totalmente desprovistas de vegetación.

El suelo tiene una estructura granular, textura franca y débiles contenidos en materia orgánica (0,8%). Más destacable es su pedregosidad, con coberturas superficiales medias de 13-14%, que se incrementan de forma significativa en algunos sectores.

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 primaveral. El verano y el otoño son las estaciones que registran la mayor variabilidad pluviométrica, coincidiendo con las lluvias de más intensidad horaria.

2. METODOLOGÍA

El estudio de la distribución espacial de las formas y procesos de erosión se abordó mediante la ejecución de una cartografía geomorfológica detallada en la ladera seleccionada. Con este fin, después de las importantes precipitaciones recibidas durante los meses de julio y agosto de 2002, se procedió a cartografiar las áreas ocupadas por los diferentes procesos: arroyamiento laminar, surcos y cárcavas, áreas con sedimentación laminar con espesores <10 cm (sedimentación somera), áreas con sedimentación laminar potente (>10 cm), deslizamientos y pipes. Para ello se utilizó una malla con cuadrados de 20 m de lado, que facilitó la referenciación espacial de los procesos así como su posterior digitalización y su traslado a un Sistema de Información Geográfica.

Por otro lado, mediante un levantamiento topográfico detallado se elaboró un MDT de la ladera, con 0,5 m de resolución espacial. De él, y con la ayuda de un SIG, derivaron variables tales como la altitud, la pendiente, el tamaño de las parcelas, la presencia de escarpes, el diseño de la red de drenaje, la presencia de llanos o depresiones interiores, la distancia de las celdas a estas depresiones interiores, la distancia a los lindes superiores e inferiores de las parcelas y a los umbrales topográficos existentes (áreas con pendientes superiores al 40%). Estas variables fueron cruzadas en el SIG con la presencia y distribución de los procesos y formas en la vertiente. Finalmente, un análisis discriminante entre procesos y variables posibilitó la elaboración de un modelo de distribución de procesos.



Foto 2. Simulador de lluvia empleado.

Para conocer las pérdidas de suelo se utilizó un simulador de lluvia (foto 2), cuyas características han sido descritas en otras publicaciones (Arnáez *et al.*, 2004a, 2004b). En total se realizaron 21 simulaciones de 30 minutos de duración y diferentes intensidades (de 30 a 117,5 mm h⁻¹). En cada simulación se recogía información sobre: a) las características de la lluvia simulada (intensidad de la precipitación, tamaño y velocidad de las gotas de lluvia, energía cinética de la tormenta); b) la respuesta hidrológica (escorrentía media y coeficiente de escorrentía); c) la producción de sedimentos (concentración de sedimentos en suspensión y tasa de erosión); d) las características de la superficie de las parcelas (pendiente, índice de rugosidad y cubierta de gravas) y los suelos (distribución del tamaño de las partículas, pH y materia orgánica). A partir de una regresión múltiple, que incluía algunos de estos factores como variables independientes, se confeccionó una ecuación para predecir las pérdidas de suelo en viñedos riojanos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. La distribución y organización espacial de formas y procesos en viñedos

Las intensas precipitaciones recogidas en agosto de 2002 activaron las escorrentías y los procesos de erosión dentro de la ladera. En julio se registraron 32,6 mm de precipitación, con intensidades máximas de 51,5 mm h⁻¹ en 10 minutos y 37,6 mm h⁻¹ en 30 minutos. En agosto se midieron 53,7 mm, recogidos en tormentas con intensidades de 36,6 mm h⁻¹ y 31,2 mm h⁻¹ en 10 minutos.

A pesar de la intensidad, no se registraron indicios de actividad geomorfológica en casi el 36% de la superficie de la ladera (tabla 1, figura 2). En el resto, la variedad de los procesos fue relativamente limitada, pero muy significativa de cara a conocer su organización en la vertiente y las parcelas.

Así, el arroyamiento laminar fue el proceso dominante en las áreas de mayor pendiente (21%), correspondientes a los sectores superiores de la vertiente (tabla 1, figura 2), donde apareció acompañado de pequeñas incisiones. Como es lógico, las pendientes más suaves concentraron las superficies de acumulación de materiales y más concretamente las áreas afectadas por sedimentación laminar somera (<10 cm), forma más extendida dentro de las parcelas (28,4% de la superficie).

TABLA 1.

OCUPACIÓN SUPERFICIAL DE LOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS Y SU RELACIÓN CON LA PENDIENTE

Procesos y formas	Superficie (ha)	Superficie (%)	Pendiente media (%)	Desviación estándar
Sin actividad geomorfológica	8,09	35,6		
Arroyamiento laminar	3,98	17,5	21	4,2
Rigolas y cárcavas	1,19	5,2	15,5	5,1
Sedimentación laminar <10 cm	6,45	28,4	12	2,5
Sedimentación laminar >10 cm	2,82	12,4	16	6,0
Deslizamientos	0,03	0,2	23	7,5
Otros procesos	0,11	0,6		

ANOVA: F: 11764,7; Sig. 0,001

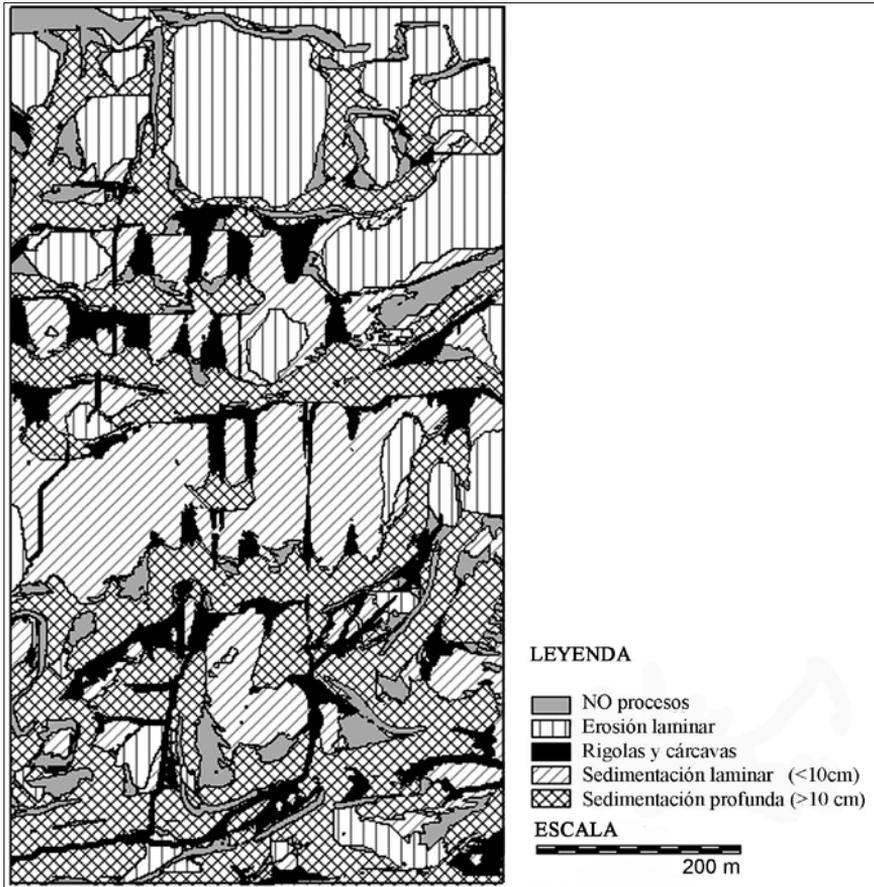


Figura 2. Cartografía geomorfológica de la ladera de viñedo.

Por su parte, las áreas de sedimentación más profunda ocuparon el 12,4% de la superficie. Se situaron generalmente a pie de parcela, donde la pendiente es muy reducida (foto 3), pero también se cartografiaron en algunas lindes laterales, de pendiente más elevada, e incluso en los sectores superiores de las parcelas. Esto parece poner de manifiesto que su distribución está controlada, además, por variables que no son exclusivamente topográficas. Las incisiones, al tratarse de formas lineales, tuvieron un escaso desarrollo superficial (5,2% de la superficie). Su trazado se vincula fuertemente a las líneas de drenaje dirigidas por la máxima pendiente, pero también a los linderos de las parcelas y a las huellas del arado o de las ruedas de los tractores, por lo que se asocian a pendientes medias incluso inferiores a las de las acumulaciones.

En definitiva, todos estos datos subrayan la importancia de variables topográficas, como la pendiente, en la distribución de formas y procesos dentro del viñedo en laderas, pero también destacan otros factores que inci-



Foto 3. Incisiones longitudinales y acumulaciones al pie de la parcela en viñedos (Villamediana).

den de forma decisiva en su organización. Estos factores están relacionados con las estructuras agrícolas y la ordenación de los cultivos.

Así lo confirma también el análisis discriminante realizado entre procesos de erosión y variables derivadas del MDT. A partir de él se obtuvo un modelo de distribución de procesos dentro de las parcelas (Ruiz Flaño *et al.*, 2006), que demostró el importante papel jugado por algunas de estas variables. En concreto, la distancia a las lindes superiores e inferiores y a las depresiones internas parece ser un control decisivo en la disposición de las áreas de arroyamiento y acumulación. Asimismo, la distancia a los umbrales topográficos ubicados aguas arriba y la pendiente sirven para diferenciar las áreas de sedimentación somera (<10 cm) con relación a las de sedimentación profunda (>10 cm), más propias de sectores de escaso gradiente situadas al pie de las parcelas.

La tabla 2 recoge los resultados de la predicción espacial realizada mediante este análisis discriminante. El modelo parece clasificar bien la sedimentación laminar y el arroyamiento. Sin embargo, la clasificación esperada de las incisiones es más imprecisa, pues, aunque controladas por la microtopografía y la pendiente, su aparición y desarrollo es más impredecible.

TABLA 2.
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Grupo de pertenencia pronosticado (%) *					
Formas y procesos	Arroyam. laminar	Rigolas y cárcavas	Sedim. Laminar (<10 cm)	Sedim. Laminar (>10 cm)	Total
Arroyam. Laminar	57,8	0	39,5	2,6	100
Rigolas y cárcavas	5,5	3,3	69,6	21,6	100
Sedim. Laminar (<10 cm)	7,5	0,3	86,3	5,9	100
Sedim. Laminar (>10 cm)	9,9	1,5	43,4	45,2	100

* El 63,5% de los grupos originales han sido clasificados correctamente.

3.2. Las pérdidas de suelo en precipitaciones intensas

La simulación de lluvia permitió conocer la respuesta hidrológica y la producción de sedimentos en los viñedos estudiados. En conjunto se realizaron 21 simulaciones, con intensidades de lluvia que oscilan entre 30 y 117 mm h⁻¹, correspondientes a periodos de recurrencia de 2 y 127 años.

En la tabla 3 se recogen los principales resultados de las simulaciones. En términos generales, puede afirmarse que las pérdidas de suelo en los viñedos riojanos estudiados son inferiores a los obtenidos en otras áreas con condiciones ecológicas similares. Así, la tasa más elevada de pérdida de suelo (93,2 g m⁻² h⁻¹) es 2,7 veces inferior a la calculada por Wainwright (1996) en viñedos franceses de la región de Vaucluse y Drôme, en el sureste de Francia.

TABLA 3.
CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DE LLUVIA

P. Retorno (años)	Intens. Precip. (mm h ⁻¹)	Escurrentía (mm h ⁻¹)	Coef. Escurrentía (%)	Sed. Suspens. (g l ⁻¹)	Tasa Erosión (g m ⁻² h ⁻¹)
2,2	30	7,3	16,7	2,5	18,2
2,7	34	9,4	17,5	4,7	44,4
3,6	40,5	5,7	10,2	5,3	30,0
4,1	43,5	9,2	12,4	2,6	24,4
4,4	45	5,3	8	0,8	4,2
4,6	46	9,7	18,7	3,6	34,8
4,6	46	4	5,2	1,3	5,0
5,8	51	5,7	6,4	0,5	2,6
5,8	51	11,6	16,8	0,7	8,0
5,8	51	1,8	2,5	3,9	7,2
5,8	51	12,8	7,6	1,1	13,4
6,1	52	10,4	12,6	0,4	4,6
6,7	54	14,2	18,4	3,9	54,8
7,4	56	3,3	3,4	11,3	37,0
8,1	58	12,3	11,7	0,7	8,6
8,5	59	15,8	25,1	0,6	10
9,3	61	10,3	11,5	0,6	5,8
14,1	70	26,5	36	1,7	45,2
40	92,5	28,9	26,4	2,0	57,8
68,1	104	41,9	37,3	2,2	93,2
127,3	117,5	29,1	20,9	1,7	49,6

La intensidad de las precipitaciones parece controlar parcialmente la tasa de erosión ($r^2= 0,36$). Como era de esperar, las tasas más elevadas se registran con las tormentas de mayor intensidad y energía cinética, pero también hay importantes pérdidas de suelo con intensidades moderadas (50 mm h⁻¹) e incluso bajas (34 mm h⁻¹). Algo similar ocurre con la escurrentía:

los mayores coeficientes de escorrentía son propios de tormentas intensas, pero la misma intensidad puede originar coeficientes dispares ($r^2= 0,32$).

Así pues, a la intensidad de la precipitación hay que sumar otros factores decisivos para el control de las tasas de erosión: erosividad, resistencia del suelo, pendiente y cubierta de gravas. Una regresión múltiple y los coeficientes de regresión estandarizados permiten jerarquizar el peso de los factores mencionados y mejorar los coeficientes de determinación ($r^2= 0,74$; sig.: 0,001) (Arnáez *et al*, 2006; Arnáez *et al*, 2007). La regresión múltiple se formula del siguiente modo:

$$E = -573.52 + 0.101R_{um} + 1.29r_s + 2.69S - 1.18G$$

donde E es la pérdida total de suelo en $g\ m^{-2}\ h^{-1}$; R_{um} (erosividad) es el factor R de la USLE-M en $MJ\ mm^{-1}\ ha^{-1}\ h^{-1}$; r_s es la resistencia del suelo al levantamiento por gotas en $J\ Kg^{-1}$; S es la pendiente de la parcela en grados y G es la cubierta de gravas en porcentaje.

Tal como muestran los coeficientes de regresión estandarizados, la cobertura de gravas es un factor decisivo en la tasa final de pérdida de suelo. El incremento de la pedregosidad superficial intercepta la gota de lluvia, favorece la infiltración y dificulta la concentración de los flujos, reduciendo la erosión. Escorrentía, intensidad y energía cinética de la tormenta ocuparían un papel importante, pero algo más secundario, relegando a la pendiente al último lugar.

En la figura 3 se comparan los valores calculados a partir de la regresión múltiple con los resultados reales de la simulación de lluvia. En ella puede comprobarse una adecuada relación entre ambos escenarios, aunque se detecta una sobreestimación de los valores calculados en las tasas de erosión más moderadas.

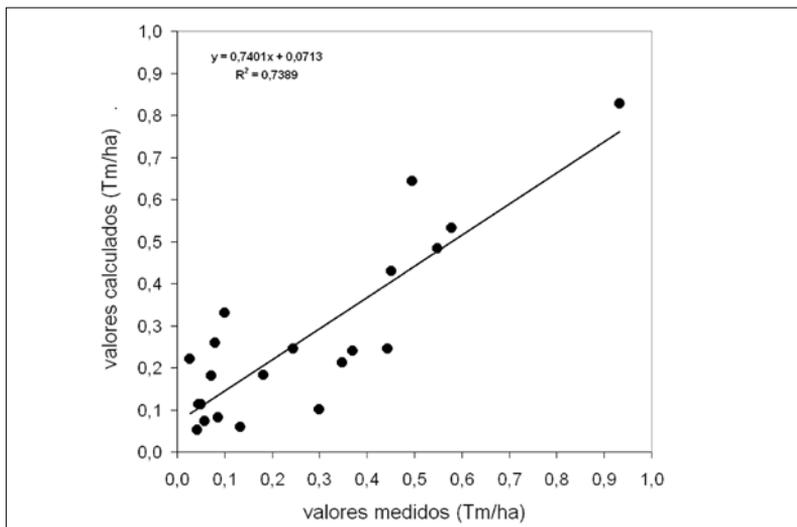


Figura 3. Relación entre los valores obtenidos de las simulaciones de lluvia y los calculados por el modelo empírico de pérdida de suelo.

4. CONCLUSIONES

El cultivo del viñedo en La Rioja tiene una extraordinaria importancia económica, lo que ha hecho incrementar su extensión de forma considerable en las últimas décadas. Entre 1983 y 2005, la superficie amparada por la Denominación de Origen Rioja se ha incrementado en un 65%, experimentando además destacados cambios en su localización tradicional y en los modos de gestión y producción. Una parte importante de este viñedo se localiza en laderas de acusada pendiente, lo que acentúa el riesgo de pérdida de suelos en un cultivo que es altamente susceptible a la erosión.

En este trabajo hemos realizado una aproximación a la dinámica hidromorfológica de estas laderas. Utilizando cartografía geomorfológica detallada y simulación de lluvia se ha estudiado la distribución y organización de los procesos en las vertientes después de lluvias intensas y las pérdidas de suelo experimentadas por este cultivo.

Los resultados han mostrado la complejidad de la organización de los procesos después de las lluvias, pues responden tanto a parámetros topográficos de detalle como a la existencia de estructuras agrícolas. Señalamos entre ellas los lindes de las parcelas o los umbrales entre las mismas, que han resultado determinantes en la distribución de procesos de gran ocupación superficial como son las áreas de arroyamiento laminar o las acumulaciones.

Por su parte, la simulación de lluvia ha puesto de manifiesto el control que ejercen la intensidad de las precipitaciones y la escorrentía en las pérdidas de suelo. Especialmente destacado es el papel de la pedregosidad superficial, originando una reducción de la erosión conforme se incrementa la cobertura de piedras del suelo.

De ambos métodos de trabajo se han derivado conclusiones que aportan una primera evaluación de la magnitud de la erosión en viñedos y de los sectores de las parcelas que concentran los procesos más agresivos. No obstante, estos modelos son todavía provisionales, por lo que se hace necesario seguir trabajando en esta dirección.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha contado con la ayuda financiera de los proyectos “Aplicación de modelos de erosión en laderas cultivadas con viñedos sometidas a precipitaciones intensas: el caso de La Rioja” (ANGI-2003/01), financiado por el Gobierno de La Rioja y “Comportamiento y modelización espacio-temporal de la transferencia de sedimentos en diferentes usos del suelo: laderas con un uso agrario intensivo” (CGL2007-66644-C04-03/HID, financiado por el Plan Nacional de I + D + i.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnáez, J., Larrea, V. and Ortigosa, L. (2004a). Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *Catena* 57, 1-14.

- Arnáez, J., Ortigosa, L., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P. y Maestro, M. (2004b). Escorrentía y producción de sedimentos con diferentes intensidades de precipitación en laderas cultivadas con viñedos (La Rioja, España). En: *Riesgos naturales y antrópicos en geomorfología* (Benito, G. y Díez Herero, A., eds.). Sociedad Española de Geomorfología. Madrid, 267-275
- Arnáez, J., Ortigosa, L., Ruiz-Flaño, P. y Lasanta, T. (2006). Producción de sedimentos en viñedos mediante simulación de lluvia: comparación de resultados con diferentes modelos empíricos. En: *Geomorfología y Territorio* (Pérez Alberti, A. y López Bedoya, J., eds.). Servicio de Publicaciones e Intercambio científico de la Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 165-175.
- Arnáez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P. and Ortigosa, L. (2007). Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. *Soil & Tillage Research*, 93: 324-334.
- Arnáez, J., Ortigosa, L., Ruiz-Flaño, P. y Lasanta, T. (en prensa). Distribución y caracterización del viñedo en La Rioja: influencia de la topografía y las formas del relieve, *Revista de Geografía Polígonos*.
- Beguería, S., Vicente-Serrano, S. y López-Moreno, J.I. (en prensa): Distribución espacial y estacional de los eventos de precipitación en La Rioja: Intensidad, magnitud y duración. *Zubía* monográfico.
- Bennet, S. J., Casali, J., Robinson, K. M. y Kadavy, K.C. (2000). Characteristics of actively eroding ephemeral gullies in an experimental channel. *Transactions of the ASAE*, 43: 641-649.
- Busch, G. (2006). Future European agricultural landscape what can we learn from existing qualitative land use scenario studies? *Agricultural, Ecosystem, Environmental*, 114: 121-140.
- Caraveli, H. (2000). A comparative analysis on intensification and extensification in mediterranean agricultura: Dilemas for LFAs policy. *Journal Rural Studies*, 16: 231-242.
- Casalí, J., López, J. and Giráldez, J.V. (1999). Ephemeral gully erosion in southern Navarra (Spain): description and measurements. *Catena*, 36: 65-84.
- Casalí, J., Bennett, S.J. and Robinson, K.M. (2000). Processes of ephemeral gully erosion. *International Journal of Sediment Research*, 15: 31-41.
- Lasanta, T. (1985). *Aportación al estudio de la erosión hídrica en campos cultivados de La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 152 p.
- Lasanta, T. y Sobrón, I. (1988). Influencia de las prácticas de laboreo en la evolución hidromorfológica de suelos cultivados con viñedo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 14: 81-97.
- Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J. and Kling, D. (2001). Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena*, 46: 207-220.

- Martínez-Casasnovas, J.A. (1998). *Soil-landscape-erosion. Gully erosion in the Alt Penedès – Anoia (Catalonia, Spain). A spatial information technology approach: spatial databases, GIS and remote sensing*. Tesis, Universidad de Lérida, 333 p.
- Martínez Casasnovas, J.A., Ramos, M.C. and Ribes-Dasi, M. (2005). On site effects of concentrated flow erosion in vineyard fields: some economic implications. *Catena*, 60: 129-146.
- Ramos, M. C. y Porta, J. (1997). Analysis of design criteria for vineyard terraces in the Mediterranean area of North East Spain. *Soil Technology*, 10: 155-166
- Ruiz-Flaño, P., Arnáez, J., Ortigosa, L. y Lasanta, T. (2006). Organización espacial de procesos de erosión en laderas cultivadas con viñedos en La Rioja como consecuencia de precipitaciones intensas. En: *Geomorfología y Territorio* (Pérez Alberti, A. y López Bedoya, J., eds). Servicio de Publicaciones e Intercambio científico de la Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 247-256.
- Tropeano, D. (1984). Rate of soil erosion processes on vineyards in Central Piedmont (NW Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*, 9: 253-266
- Usón, A. (1998). *Medidas de control de la erosión en suelos de viña de las comarcas de Anoia – Alt Penedés (Barcelona): Efectividad y viabilidad*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Lérida.
- Wainwright, J. (1996). Infiltration, runoff and erosion characteristics of agricultural land in extreme storm event, SE France. *Catena*, 26: 27-47
- Woodward, D.E. (1999). Method to predict cropland ephemeral gully erosion. *Catena*, 37: 393-399.

