

## Evaluación del riesgo de erosión de los suelos de viñedo en La Rioja (España)\*

### Evaluation of the Soil Erosion Risk in Vineyards in La Rioja (Spain)

Ianire Galilea Salvador\*\*

#### Resumen

Las condiciones climáticas del espacio mediterráneo, con un régimen pluviométrico escaso, altas temperaturas estivales y frecuentes eventos tormentosos de alta intensidad, hacen que los suelos sean especialmente vulnerables a la degradación por erosión hídrica. Este proceso es responsable de la pérdida del potencial productivo de los suelos, por lavado de sus nutrientes y por la destrucción de sus horizontes superficiales, estimulando la instalación de surcos y cárcavas. En este sentido, el manejo tradicional del viñedo en el área mediterránea es un problema de gran relevancia puesto que favorece la degradación irreversible de los suelos. De ahí que identificar las áreas más sensibles a la erosión resulte de especial interés para valorar la idoneidad de las prácticas empleadas por los agricultores y para incorporar medidas de protección.

**Palabras clave:** erosión, suelos, viñedo, clima mediterráneo, manejo agrícola.

#### Abstract

The climatic conditions of the mediterranean area, with a low rainfall regime, high temperatures in summer and frequent storms of high intensity, make the soils especially vulnerable to water erosion. This process is responsible for the loss of the productive potential of the soil by washing its nutrients and by destroying its superficial horizons, stimulating the installation of trails and gullies. In this way, the traditional management of the vineyard in the mediterranean area is a very important problem because it stimulates the irreversible degradation of the soils. Identifying the most susceptible areas to soil erosion is a matter of great interest to assess the adequacy of the agricultural management used by farmers and to incorporate protection measures.

**Keywords:** erosion, soil, vineyards, mediterranean climate, agricultural management.

---

\* Proyecto “Comportamiento y modelización espacio-temporal de la transferencia de sedimentos en diferentes usos del suelo: laderas con un uso agrario intensivo”. Plan Nacional I+D+i: CGL2007-66644-C04-0.

\*\* Universidad de Concepción, Concepción, Chile, ORCID 0000-0001-5239-6930, igoalilea@udec.cl

## Introducción

Para la agricultura mediterránea la erosión hídrica es un problema de primer nivel ya que implica la pérdida de suelo fértil y, como consecuencia, la disminución de su potencial productivo y de su vida útil. Además, las características climáticas del espacio mediterráneo, con su régimen anual de escasas precipitaciones, altas temperaturas estivales que dificultan el desarrollo de una cubierta vegetal protectora y los frecuentes eventos tormentosos de finales de verano y principios de otoño, hacen que los suelos sean especialmente vulnerables a la erosión hídrica. Por si fuera poco, los suelos mediterráneos han sido intensamente intervenidos por el ser humano desde la Antigüedad, lo cual ha alterado fuertemente las condiciones naturales del paisaje y conducido a un incremento de las tasas de erosión.

Es conocido por muchos autores que el tradicional sistema de manejo de suelos del viñedo favorece los procesos de erosión hídrica por dos motivos: (i) el agricultor deja los suelos desprovistos de cubierta vegetal la mayor parte del año, y (ii) utiliza técnicas de labranza mecánica poco conservacionistas. Por otra parte, existen escasos estudios acerca de los procesos erosivos en suelos de viñedo (García Ruiz y López Bermúdez, 2009). Así pues, el objetivo de este trabajo parte de la necesidad de evaluar, mediante la aplicación del modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), los efectos del cultivo y del manejo de la vid en los suelos de la región; localizar las áreas más vulnerables y cuantificar las pérdidas de suelo a largo plazo.

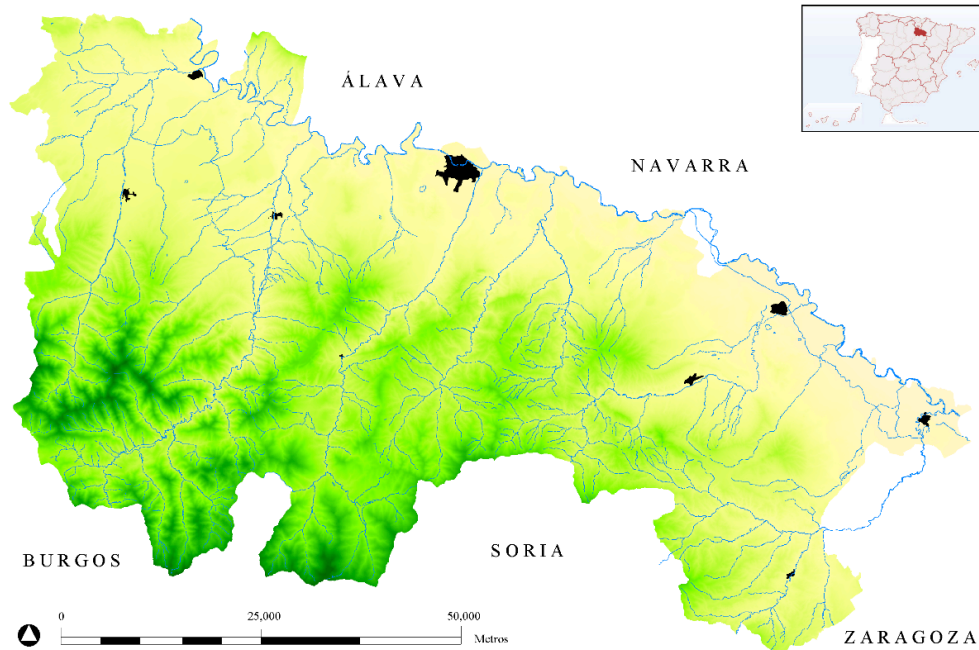
## Área de estudio

La Comunidad Autónoma de La Rioja tiene una superficie de 5.045 km<sup>2</sup> y se encuentra en el extremo noroccidental de la depresión del Ebro, en España. Está flanqueada al norte por la sierra de Obarenes-Cantabria y el río Ebro, que delimitan el borde septentrional con dirección NW-SE, y al sur por la vertiente norte del Sistema Ibérico (ver Mapa 1).

El clima es de tipo mediterráneo continental (Ortigosa, 1987), caracterizado por precipitaciones irregulares, periodos prolongados de sequía y frecuentes eventos tormentosos suavizados por la influencia oceánica que penetra por el noroeste de la depresión. Las precipitaciones registran sus valores máximos en primavera e invierno, alcanzando los 450 mm de lluvia; mientras que verano y otoño son las estaciones secas.

### Mapa 1. Situación del área de estudio

Map 1. Location of the study area



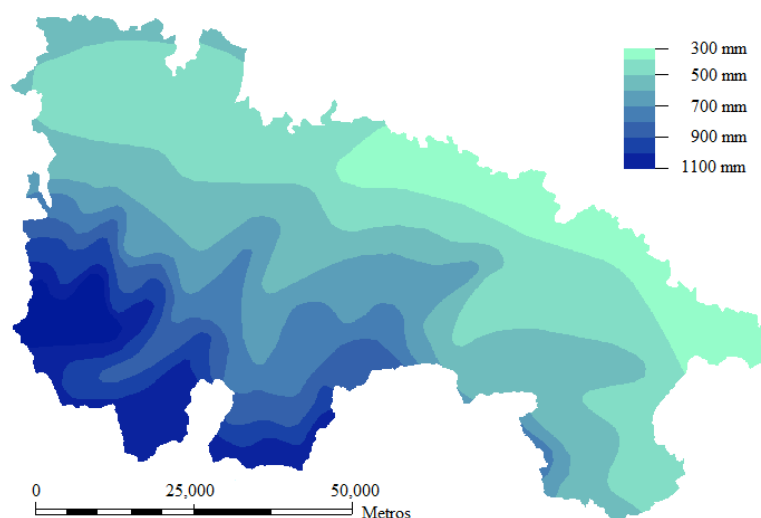
Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

El sector oeste es el más expuesto a la influencia del clima atlántico que penetra en la depresión a través del paso excavado por el río Ebro, en el término de las Conchas de Haro. Por otra parte, la circulación atmosférica con dirección W-E hace que las masas de aire mediterráneas pierdan fuerza a medida que ascienden por el valle del Ebro. De igual modo, el factor altitudinal marca un contraste pluviométrico entre las zonas norte y sur de la región, siendo más abundantes las precipitaciones a medida que se asciende desde el valle a la sierra (Mapa 2).

Desde el punto de vista económico, La Rioja es una región especializada en la agricultura, con una superficie cultivada, en 2016, de 129.428 ha (25,65% de la superficie regional). Como refleja el gráfico 1, los cereales de grano, con 51.161 hectáreas (39,5% del total), son el principal cultivo de la región, seguido en importancia por el viñedo, con 46.613 hectáreas (35,9%). A gran distancia, con 14.303 hectáreas, se sitúan los frutales; y luego, el olivar (5.674 ha), las hortalizas (4.845 ha), los cultivos industriales (2.743 ha), los cultivos forrajeros (2.430 ha) y la patata (1.254 ha).

## Mapa 2. Precipitaciones anuales en La Rioja

Map 2. Annual rainfall in La Rioja

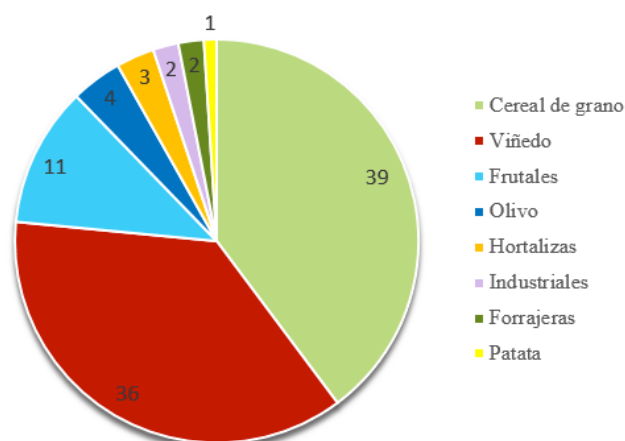


Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

En las últimas décadas el viñedo se ha convertido en el cultivo más emblemático de La Rioja, seña de identidad cultural y base fundamental de la economía. La vid, por su gran capacidad de adaptación, es capaz de radicar sobre todo tipo de relieves y suelos, aunque tiene preferencia por los niveles más bajos de las terrazas y los niveles medios y altos de glacis sobre los que se desarrollan suelos pedregosos poco aptos para otros cultivos (Pascual y Cabrerizo, 1995). Las especies viníferas más utilizadas son las tintas tempranillo y garnacha, y en menor medida, la blanca viura.

## Gráfico 1. Distribución porcentual de la superficie de los principales cultivos

Graphic 1. Percentual distribution of the main crops

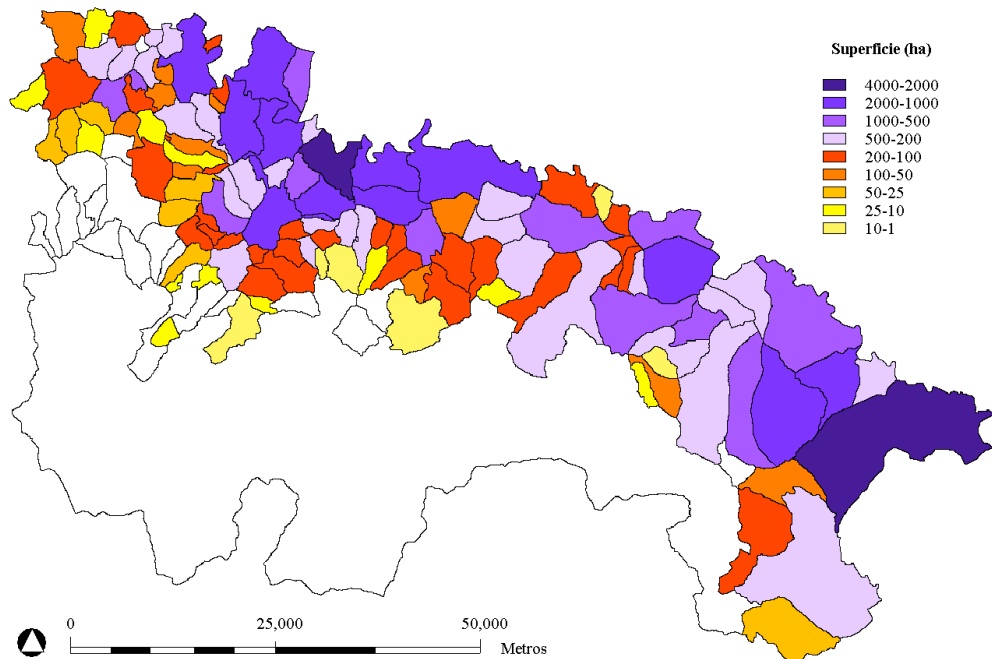


Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Con 32.290 hectáreas en secano y 13.693 en regadío, la vid es un cultivo que se distribuye de forma muy heterogénea en la superficie agrícola regional. Los municipios con mayor concentración de hectáreas se localizan a lo largo del eje del Ebro, piedemonte meridional de la sierra de Cantabria y cursos bajos de los ríos Oja, Tirón y Najerilla (Mapa 3).

### Mapa 3. Superficie de viñedo por municipios

*Map 3. Vineyards surface by municipalities*

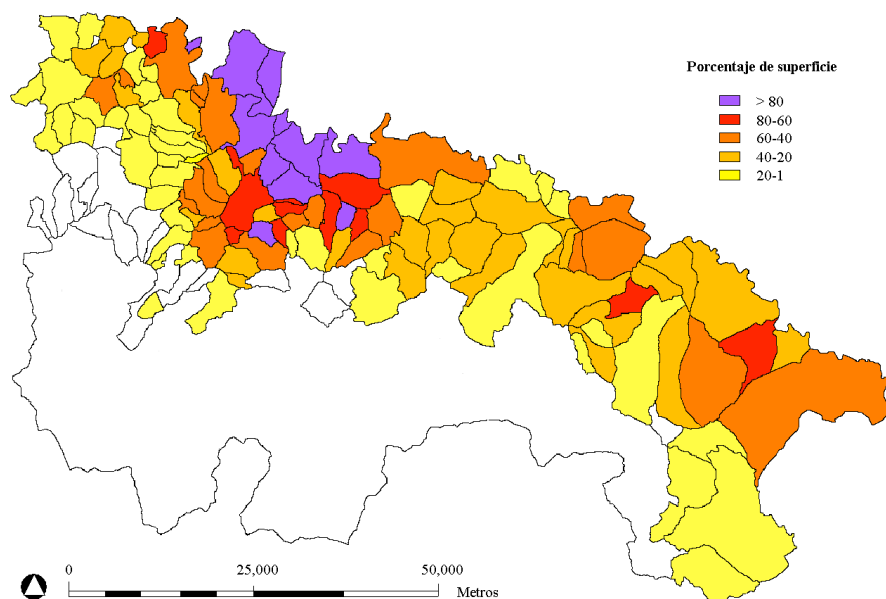


Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Por otra parte, y en relación con la superficie agraria de cada municipio, las densidades de ocupación más altas, superiores a 80%, se localizan en el sector comprendido entre las rampas de la Sonsierra y el curso bajo del río Najerilla (Mapa 4). Estos elevados porcentajes y la escasa dedicación a otros cultivos confirman la especialización vitícola de estos municipios donde, de hecho, puede hablarse de régimen de monocultivo.

#### Mapa 4. Porcentaje municipal de superficie de viñedo

*Map 4. Municipal percentage of vineyards surface*



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

### Metodología

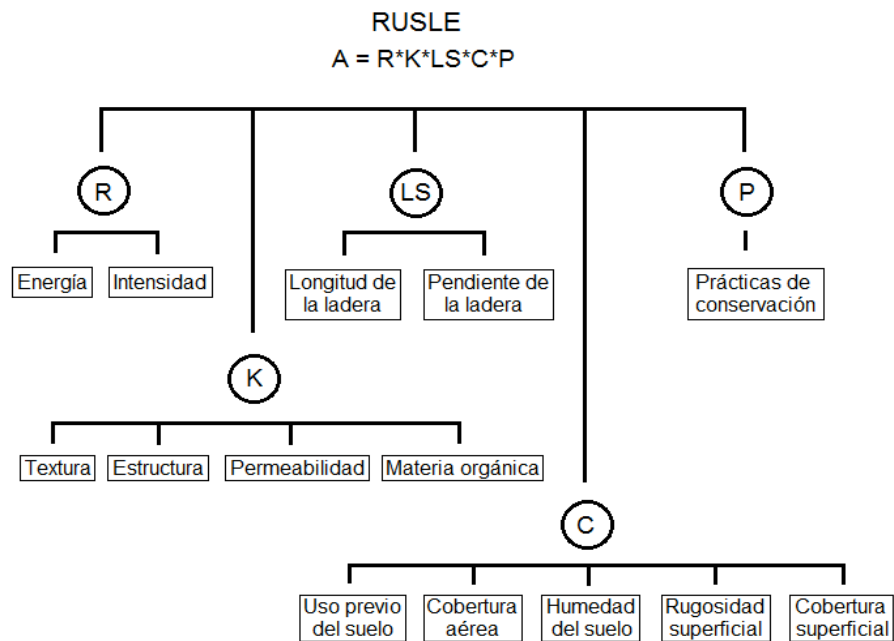
Los modelos empíricos tienen una extensa aplicabilidad en investigaciones a gran escala en las que existen lagunas de información por el difícil acceso a los datos o por la inexistencia de estos. Tal es el caso de La Rioja, que carece de registros pluviométricos, así como de una base de datos edáfica a escala regional. Entre estos modelos, RUSLE goza de una alta aceptación entre los estudiosos y ha sido empleado en gran número de investigaciones para estimar la erosión del suelo a largo plazo.

RUSLE (Renard *et al.*, 1996) es utilizado para estimar la pérdida anual de suelos como consecuencia de la erosión hídrica, en laderas con un sistema de gestión y usos de suelo determinados. Este modelo, basado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos de Wischmeier y Smith (1978), emplea un algoritmo integrado por cinco factores: R es la erosividad de las precipitaciones ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$  = megajulios por milímetro en una hectárea en un día cada año), K es la erodibilidad de los suelos ( $\text{T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  = toneladas por hectárea y hora por una hectárea por megajulio por milímetro de lluvia), LS es un factor doble integrado

por la longitud y la inclinación de la ladera (adimensional), C es el factor de vegetación, cobertura vegetal y gestión de los suelos (adimensional), y P toma en cuenta las prácticas de control y de conservación del suelo (adimensional). El producto final, A, es la pérdida de suelo promedio anual (T/ha/año).

**Figura 1. Esquema del modelo RUSLE**

*Figure 1. RUSLE model diagram*



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

La erosividad de las precipitaciones (R) se ha estimado a partir de series de datos obtenidos de 16 estaciones meteorológicas y agroclimáticas monitoreadas en el sexenio 2005-2011. A estos registros se les aplicó el Índice Modificado de Fournier (Arnoldus, 1978), una fórmula que permite calcular la erosividad de las lluvias aun desconociendo su energía e intensidad.

La erodibilidad de los suelos (K) se ha obtenido a partir de 256 muestras de suelo tomadas por el Instituto Nacional de Erosión de Suelos (INES) y del mapa edáfico de La Rioja, que incluye 32 taxones de la WRB (World Reference Base for Soil Resources).

El factor topográfico (LS) se ha obtenido a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT) implementado en el programa gvSIG, en el que se han calculado las longitudes de la ladera y el porcentaje de inclinación de las pendientes.

El factor de cultivo (C) se ha calculado con base en datos catastrales, la Estadística Agraria Regional, el Sistema de Información de Ocupación del Suelo (SIOSE) y mediante el estudio detallado de los cinco subfactores que lo integran: uso previo del suelo (PLU), cobertura aérea (CC), humedad (SM), rugosidad superficial (SR) y cobertura superficial (SC).

En último lugar, para el factor de prácticas de conservación (P) el mosaico agrario hubo de caracterizarse acudiendo a la base de datos del SIOSE de 2005, actualizada posteriormente con información de la Estadística Agraria de 2011, y el Inventario de Árboles Frutales de 2008-2011 para ubicar espacialmente las parcelas agrícolas y, en el caso de los frutales, identificar el emplazamiento de los sistemas de manejo de los suelos (labranza o cubiertas vegetales) y las densidades de plantación (extensiva, semiintensiva, intensiva y muy intensiva). Este procedimiento requirió la localización espacial de dichas parcelas mediante visualizador geográfico (GeoVisor v 6.0 del SIGPAC) para integrarlas en la cartografía generada para dicho factor P.

A partir del cruce de los valores de los cinco factores se pudo obtener, mediante el programa MFWorks 3.0, la cartografía de las tasas de pérdida de suelos del viñedo riojano (A). Finalmente, los ficheros SIG fueron exportados al programa estadístico SPSS15, para así establecer la relación espacial entre los datos obtenidos.

La utilización de este modelo, ya sea en conjunto o como cálculo de sus factores individualizados, no es un recurso infrecuente entre los investigadores. De hecho, en opinión de García Ruiz y López Bermúdez (2009), el modelo RUSLE resulta útil para detectar las áreas más susceptibles a los procesos de erosión a escala de cuenca. Son varios los autores que han cuantificado la pérdida de suelo en cultivos y sistemas de manejo muy diferentes. Ejemplo de ello son los trabajos de Giráldez *et al.* (1989) en cultivos de secano de laboreo mínimo; Ramos y Porta (1997) en viñedos del Penedés, y Martínez Casanovas y Sánchez Bosch (2000) en la misma zona; Millward y Mersey (1999) en plantaciones de maíz bajo clima tropical; Gómez *et al.* (2003) en olivares con pendiente moderada; Sadiki *et al.* (2004) en tierras de montaña dedicadas al cereal, etcétera. De igual manera, organismos adscritos a la administración, como el antiguo Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza (ICONA), se han servido del modelo RUSLE para la elaboración de los Mapas de Estados Erosivos (ICONA, 1987-2011); así como del primer Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012), coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza.

Por otra parte, el modelo RUSLE tiende a sobreestimar la erosión a escala de cuenca (García Ruiz y López Bermúdez, 2009) y a subestimar las pérdidas de suelo más elevadas (Cerdà, 2002; Romero *et al.*, 2011). No obstante, el modelo resulta de utilidad para localizar las áreas más susceptibles a la erosión hídrica, lo cual constituye una información imprescindible para establecer comparativas entre áreas y determinar qué medidas de manejo y protección son las más adecuadas.



## Resultados y discusión

Las diferentes tasas de erosividad observadas vienen determinadas por la influencia del clima oceánico en la zona occidental, el factor altitudinal en la sierra meridional y la exposición al clima mediterráneo que asciende por la depresión del Ebro en las tierras orientales. Valores de erosividad bajos ( $60-90 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) se han obtenido en los valles más meridionales y en la zona oeste, mientras que en el 78,3% de la superficie, la tasa de erosividad anual es muy baja ( $40-60 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ).

La tasa de erodibilidad de los suelos de vid oscila entre los  $0,003 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  de los Cambisoles cálcicos de textura franco-arenosa con un 12,8% de contenido en materia orgánica y los  $0,083 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  de los regosoles cálcicos de textura franco-limosa y contenido en materia orgánica de 0,9%. La tasa media regional se ha establecido en  $0,029 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , que para los estándares de RUSLE es un valor de erodibilidad muy bajo (Tabla 1).

**Tabla 1. Rangos de erodibilidad (Renard *et al.*, 1996)**

*Table 1. Erodibility intervals*

$\text{T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ mm}^{-1}$	Valor
< 0,05	Muy bajo
0,05-0,2	Bajo
0,25-0,4	Moderado
> 0,4	Alto

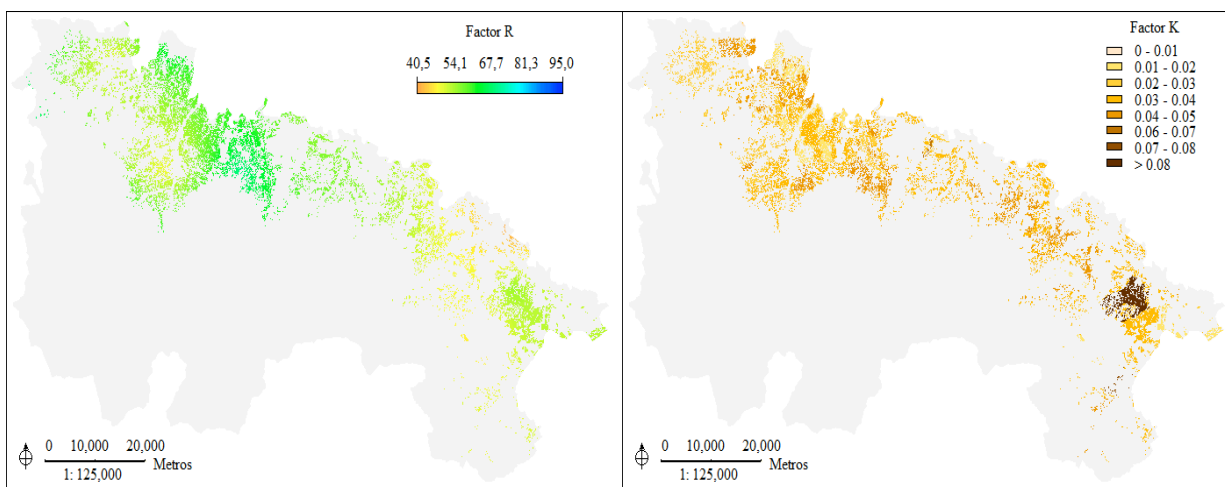
Fuente: elaboración propia.

Source: own elaboration.

El valor promedio anual de  $C$ , que debe oscilar entre 0 y 1, se ha estimado en valores mínimos de 0,033 y máximos de 0,590, estableciéndose el promedio en 0,353. Las fluctuaciones locales de este valor están estrechamente relacionadas con el porcentaje en elementos gruesos de la superficie del suelo, que reduce la energía de impacto de la gota de lluvia y la velocidad de la escorrentía; también se vinculan con la densidad de plantación observada en las parcelas de vid y el grado de desarrollo anual de la cubierta vegetal. Respecto a la distribución de los valores de  $C$ , el 74% de los suelos de vid se encuentran en un intervalo medio-bajo (0,20-0,49) de efectividad de control de la erosión.

### Mapas 5 y 6. Erosividad de las precipitaciones y erodibilidad de los suelos

*Maps 5 and 6. Rainfall erosivity and soil erodibility*

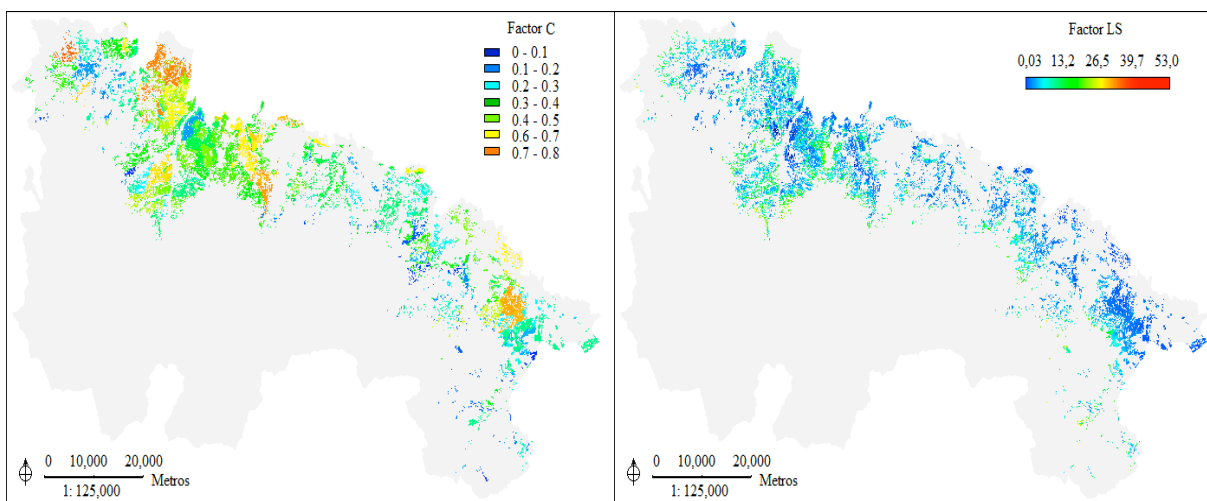


Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

El factor LS oscila entre 0,030 y 53,025, estableciéndose la media en 6,902. Los valores más altos se corresponden con los sectores de elevada pendiente de áreas de montaña, y al revés, las zonas más deprimidas, principalmente llanuras aluviales, hondonadas y terrazas fluviales bajas, presentan valores mucho más moderados.

### Mapas 7 y 8. Cubierta vegetal y factor topográfico

*Maps 7 and 8. Surface cover and topographic factor*

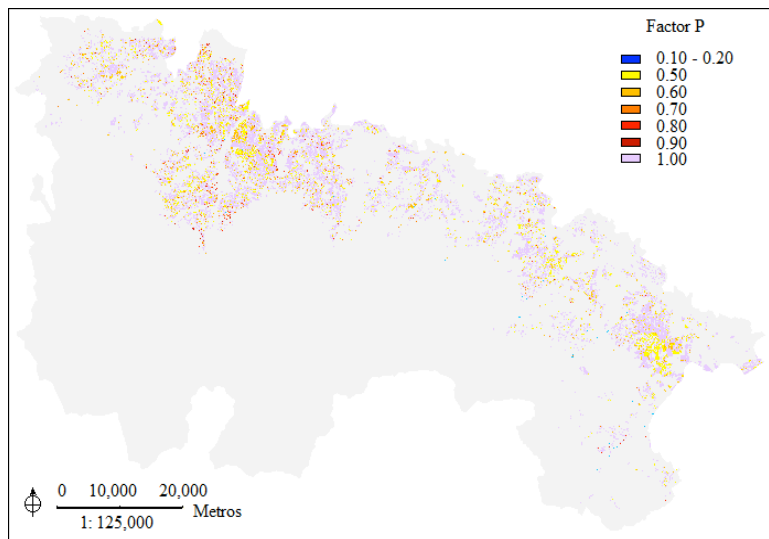


Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Respecto a las prácticas de conservación, el 75,01% de las viñas son labradas en el sentido de la pendiente máxima, lo cual les otorga un valor adimensional de 1. Únicamente se han adoptado medidas de control en el 24,99% restante, de los cuales el 24,7% se cultiva en paralelo a las curvas de nivel ( $P = 0,5-0,9$ ), y el 0,27% en bancales ( $P = 0,1-0,2$ ).

### Mapa 9. Factor de prácticas de conservación

Map 9. Soil management factor



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

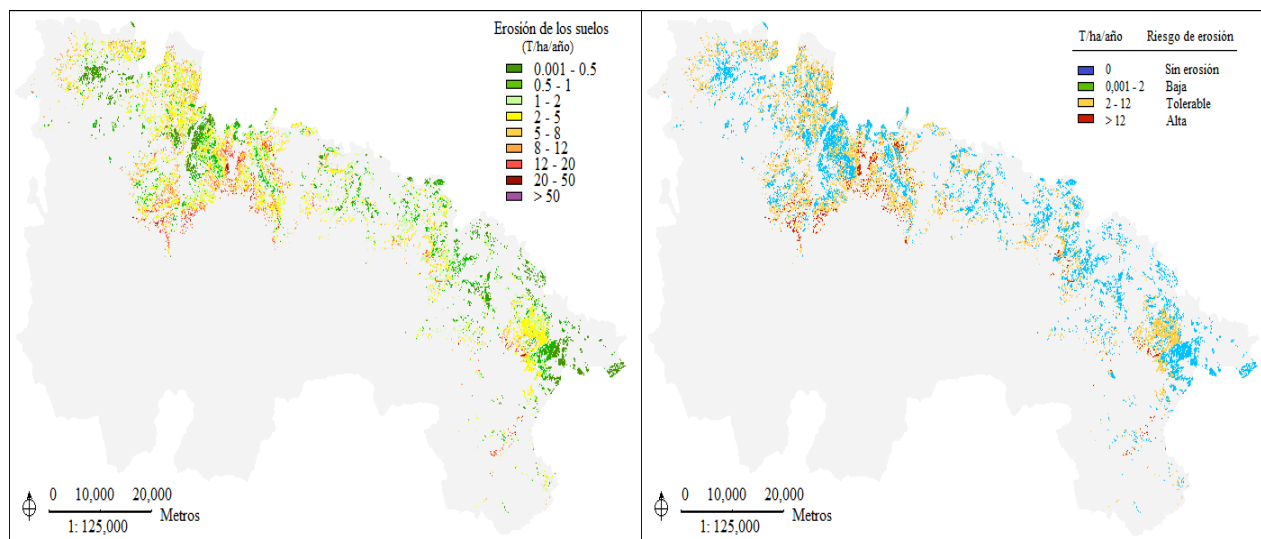
El producto final es la tasa de pérdida anual de suelos (A), que se ha establecido en valores mínimos de 0,005 T/ha/año y máximos de 42,57 T/ha/año, estimándose el valor promedio en 3,68 T/ha/año. Para el 48,78% de la superficie de viñedo se han obtenido valores de erosión bajos ( $<0,001-2$  T/ha/año), el 44,86% presenta valores tolerables (2-12 T/ha/año) y menos del 4,91% está afectado por ratios elevados ( $>12$  T/ha/año) que exceden el umbral de tolerancia a la pérdida de suelos establecido por Renard *et al.* (1996). Solo un 1,44% de la superficie restante no se ve afectado por erosión.

La tasa de erosión media regional es bastante cercana a la observada en otras áreas mediterráneas como Sicilia, donde Novara *et al.* (2011) obtuvieron un valor de 1,02 T/ha/año para un intervalo de nueve años; y en el Rosellón (Francia) y en Spata (Grecia), donde Kosmas *et al.* (1997) estimaron tasas de pérdida de suelos de entre 0,67 y 4,6 T/ha/año. Sin embargo, otros autores han obtenido resultados muy superiores a la media riojana, como es el caso de Ramos y Porta (1997), quienes estimaron la degradación promedio de los suelos de viña del Penedés en 18-22 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; y Casalí *et al.* (2009) en Navarra, con ratios de 25 y 30 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Otros análisis llevados a cabo en la misma región por De Santisteban *et al.* (2006) documentaron tasas de entre 3,3 y 162 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, resultando llamativo que el valor mínimo navarro sea similar al valor medio riojano.

### Mapas 10 y 11. Tasa anual de erosión e intervalos de tolerancia a la pérdida de suelos

*Maps 10 and 11. Soil erosion annual rates and tolerance values for soil loss*



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

## Conclusiones

Las actividades agrícolas pueden provocar importantes problemas de erosión y degradación de los suelos, de hecho, el 4,91% de la superficie de viñedo en La Rioja es susceptible a pérdidas de suelo por encima del umbral de tolerancia, y su previsión de vida útil se estima inferior a diez años. Detener la degradación irreversible de estos suelos se convierte en una prioridad de primer orden, ya que los espacios del entorno mediterráneo, por sus características climáticas y las prácticas de manejo, son muy sensibles a la erosión hídrica.

La identificación de los suelos con mayor riesgo erosivo resulta de interés para incorporar medidas de protección o prácticas agrícolas menos agresivas, de lo contrario, las consecuencias ambientales y socioeconómicas serán catastróficas para una región cuya economía depende en gran medida de la industria vitivinícola. En este sentido, el modelo RUSLE se convierte en una herramienta útil para predecir tasas de erosión y localizar las áreas más susceptibles a la erosión hídrica. Por otra parte, los resultados aquí expuestos, a falta de una validación con datos reales, no deben tomarse como resultados absolutos sino aproximativos.

## Bibliografía

- Arnoldus, H.M. (1978). "An Aproximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation". En Boodst, M. y Gabriels, D. (eds.). *Assessment of Erosion*. Chichester: John Wiley y Sons, Inc., 127-132.
- De Santisteban, L.M.; Casalí, J. y López, J.J. (2006). "Assesing Soil Erosion Rates in Cultivated Areas of Navarre (Spain)". *Earth Surface processes and landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group 4*, 487-506.
- Casalí, J.; Giménez, R.; de Santisteban, L.; Álvarez Mozos, J.; Mena, J.; Del Valle de Lersundi, J. (2009). "Determination of Long-Term Erosion Rates in Vineyards of Navarre (Spain) Using Botanical Benchmarks". *Catena 78*, 12-19.
- Cerdà i Bolinches, A (2002). "Agricultura y erosión en España. Mitos y realidades". *Saitabi: revista de la Facultat de Geografia i Història 51-52*, 473-502.
- García Ruiz, J.M. y López Bermúdez, F. (2009). *La erosión del suelo en España*. Zaragoza: Sociedad Española de Geomorfología.
- Giráldez, J.V.; Laguna, A. y González, P. (1989). "Soil Conservation under Minimum Tillage Techniques in Mediterranean Dry Farming". En Schwertmann, U.; Rickson, J.R. y Auerswald, K. (eds.). *Soil Erosion Protection Measures in Europe. Soil Technology Series*. Países Bajos: Elsevier, 139-148.
- Gómez, J.A.; Battany, M.; Renschler, C.S. y Fereres, E. (2003). "Evaluating the Impact of Soil Management on Soil Loss in Olive Orchards". *Soil Use and Management 19*, 127-134.
- ICONA. (1987-2011). *Mapas de estados erosivos*. Madrid: Instituto Nacional para la conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Kosmas, C.; Danalatos, N.; Cameraat, L.H.; Chabart, M., Diamantopoulos, J.; Farand, R.; Gutierrez, L.; Jacob, A.; Marques, H.; Martínez Fernández, J.; Mizara, A.; Moustakas, N.; Nicolau, J.M.; Oliveros, C.; Pinna, G; Puddu, R.; Puigdefabregas, F.; Roxo, M.; Simao, A.; Stamou, G.; Tomasi, N.; Usai, D.; Vacca, A. (1997). "The Effect of Land Use on Runoff and Soil Erosion Rates under Mediterranean Conditions". *Catena 29*, 45-59.
- Martínez Casanovas, J.A. y Sánchez Bosch, I. (2000). "Impact Assessment of Changes in Land Use/Conservation Practices on Soil Erosion in the Penedès-Anoia Vineyard Region (NE Spain)". *Soil and Tillage Research 57*, 101-106.
- Millward, A.A. y Mersey, J.E. (1999). "Adapting the RUSLE to Model Soil Erosion Potential in a Mountain Tropical Watershed". *Catena 38(2)*, 109-129.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2012). *Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012 (2002-2012)*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Novara, A.; Gristina, L.; Saladino, S.S.; Santoro, A. y Cerdà, A. (2011). "Soil Erosion Assessment on Tillage and Alternative Soil Managements in a Sicilian Vineyard". *Soil and Tillage Research 117*, 140-147.
- Ortigosa Izquierdo, L. (1987). "Las sequías climáticas en el extremo noroccidental de la depresión del Ebro (La Rioja)". *Estudios Geográficos 189*, 639-658.
- Pascual, N. y Cabrerizo, A. (1995). "Distribución espacial del viñedo de Rioja en relación con los condicionantes ambientales". *Berceo 129*, 75-95.

- Ramos, M.C. y Porta, J. (1997). "Analysis of Design Criteria for Vineyard Terraces in the Mediterranean Area of North Spain". *Soil Technology 10*, 155-166.
- Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; McCool, D.K. y Yoder, D.C. (1996). "Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)". *Agricultural Handbook 703*. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture.
- Romero Díez, A., Ruiz Sinoga, J.D. y Belmonte, F. (2011). "Tasas de erosión hídrica en la región de Murcia". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 56*, 129-153.
- Sadiki, A.; Bouhlassa, S.J.; Auajjar, J.; Faleh, A. y Macaire, J.J. (2004). "Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'équation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc): cas du bassin versant l'oued Boussouab". *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 26, 69-79.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning". *Agriculture Handbook 537*. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture.

\* \* \*

VERSIÓN ORIGINAL RECIBIDA: 07/03/2018      VERSIÓN FINAL RECIBIDA: 01/07/2018

APROBADO: 02/08/2018