

CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL DE LA SUPERFICIE CULTIVADA DE VIÑEDO EN LA RIOJA, ESPAÑA

JOSÉ ÁNGEL LLORENTE-ADÁN^{1*}

JOSÉ ARNÁEZ^{1**}

RESUMEN

En este trabajo se estudia la distribución y caracterización del viñedo riojano en base a factores topográficos, climáticos y edafológicos con el fin de conocer su influencia en la localización de dicho cultivo. Para ello se utilizan sistemas de información geográfica y análisis estadísticos multivariables. De este modo, se logra obtener una cartografía de la superficie del viñedo y se diferencian tres grupos o modelos de viñedos con características semejantes.

Palabras clave: *paisaje agrario, viñedo, factores ambientales, análisis multivariable, La Rioja.*

The current distribution and characterization of Riojan vineyard according to topographic climatic and edaphic factors are analyzed. The objective is to know their influence on the location of vine growing. GIS and multivariable statistical analysis were applied to achieve this purpose. Thus, it was obtained the mapping of vineyard surface-area according to the different factors. In addition, vineyard area was grouped into three models, which represent four homogeneous types of vineyard.

Key words: *agricultural landscape, environmental factors, multivariable analysis, La Rioja.*

Registrado el 20 de octubre de 2016. Aprobado el 2 de diciembre de 2016

1. Área de Geografía Física. Dpto. de Ciencias Humanas. Universidad de La Rioja. 26004-Logroño

* Correo electrónico: jose-angel.llorente@unirioja.es

**Correo electrónico: jose.arnaez@unirioja.es

1. INTRODUCCIÓN

Unas adecuadas condiciones ambientales y un largo proceso histórico han favorecido los asentamientos de población y el desarrollo de una destacada actividad agraria en el valle del Ebro y, en concreto, en La Rioja. La agricultura de secano y regadío están presentes en buena parte de esta Comunidad Autónoma, destacando, por la superficie ocupada, el cultivo de la vid. La vinculación del territorio riojano a la viticultura es sobradamente conocida. Se trata de una actividad agraria de larga tradición y de notable importancia económica (Barco y Navarro Pérez, 2014).

El cultivo del viñedo en La Rioja ha pasado por diferentes vicisitudes a lo largo de la historia. Desde muy antiguo la vid ha estado incorporada al paisaje agrario riojano. Sin embargo, su expansión más espectacular se sitúa a finales del siglo XIX. La crisis del viñedo francés, invadido por la filoxera en 1867, permitió a La Rioja incorporar técnicos y capital del país vecino y así incrementar tanto la superficie de cultivo como las ventas y exportación de vinos. En esos momentos la vid se convirtió en el cultivo dinamizador del sector agrario hasta la llegada de la filoxera a los viñedos riojanos a principios del siglo XX. La plaga se propagó por toda la región y destruyó más de 36.000 ha. Tras la invasión, la superficie cultivada de cepas se redujo considerablemente y La Rioja entró en una crisis económica que tardaría algunas décadas en ser superada (Gallego Martínez, 1986).

Desde 1983, la superficie cultivada de viñedo se ha incrementado, con fuerte demanda de más plantaciones. En la actualidad, el viñedo está incorporado en el paisaje agrario riojano por medio de pequeñas y medianas parcelas que salpican el paisaje y rompen la continuidad de los campos cerealistas. La superficie de viñedo en la Comunidad Autónoma de La Rioja en 2013 ascendió a 44.741 ha (Gobierno de La Rioja, 2016). La comarca con mayor superficie cultivada es la Rioja Alta, con el 48% del total regional.

Este trabajo aporta una perspectiva complementaria a los numerosos estudios relacionados con el viñedo riojano (Gómez Urdañez, 2001; Barco, 2008; Barco *et al.*, 2005; Pascual y Cabrerizo, 1995; Andrades, 1991; Galilea Salvador, 2010; Galilea Salvador *et al.*, 2015; Lasanta y Ruiz-Flaño, 2014; Llorente Adán, 2010; Arnáez *et al.*, 2006b; Arnáez *et al.*, 2007; Ruiz-Flaño, *et al.*, 2008; Arnáez *et al.*, 2012). Su objetivo es definir y caracterizar distintas unidades espaciales donde se cultiva la vid a partir de parámetros topográficos, climáticos y edafológicos. La disponibilidad de datos y nuevas variables nos han permitido, con una metodología muy similar a la aplicada por Arnáez *et al.* (2006a) y Llorente Adán (2010), afinar la forma en la que diferentes variables geoambientales condicionan la distribución territorial del viñedo riojano, partiendo del supuesto de que esta distribución tiene una importante componente espacial y ambiental.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio seleccionada comprende la parte más septentrional de la Comunidad Autónoma de La Rioja que, a grandes rasgos, se instala en la Depresión del Ebro (Fig. 1). La superficie de análisis representa, aproximadamente, el 45% de la Comunidad. Se trata de un espacio situado, en su mayor parte, en la margen derecha del río Ebro.

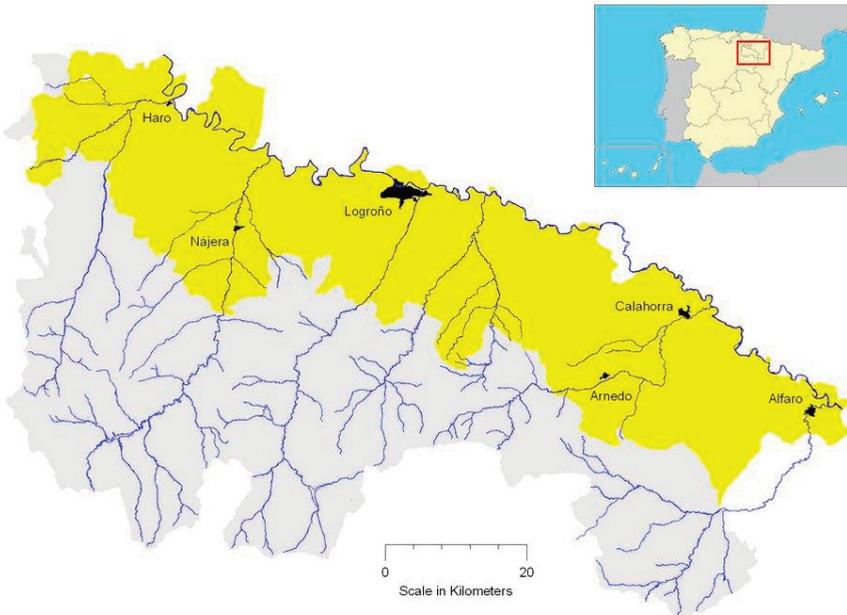


Figura 1. Localización del área de estudio en la Comunidad Autónoma de La Rioja

El 80% del territorio se localiza entre los 300 y 700 m.s.n.m. Predominan las pendientes suaves: el 60% del área de estudio dispone de laderas con menos de un 5° de inclinación. Desde una perspectiva litológica, la mayor parte del territorio corresponde a areniscas y arcillas del Mioceno Inferior. También son abundantes los materiales aluviales y coluviales (glacis y terrazas) del Pleistoceno y Holoceno (Julián y Peña, 2007).

El máximo pluviométrico del área de estudio se presenta durante la primavera (30% del total anual) y el secundario en la estación otoñal. Las precipitaciones totales anuales oscilan entre los 485 mm de Haro y los 374 mm de Alfaro (Cuadrat, 1994). Desde un punto de vista térmico, las temperaturas medias anuales varían entre los 11 y 13° C.

El área de estudio dispone actualmente de algo más de 300.000 habitantes, que se distribuyen de forma desigual en el territorio. Así, el sector más

occidental, correspondiente a la denominada Rioja Alta, suma 40.315 habitantes (13,4% del área de estudio). El sector central o Rioja Media acoge a 189.199 habitantes (62,9% del área de estudio), pues en él se localiza la ciudad de Logroño, capital de la Comunidad, y su área periurbana. Finalmente, en el sector oriental o Rioja Baja habitan 71.201 personas (23,6% del área de estudio).

El criterio de selección de los municipios que integran el territorio analizado ha sido disponer de más de 10 ha de viñedo. Suman 96 municipios, con una superficie total cultivada ligeramente por encima de las 44.000 ha.

3. MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo a partir de cartografía automática, sistemas de información geográfica y el uso, para manipular un volumen importante de datos, de programas estadísticos.

Inicialmente, se obtuvo el mapa de la superficie cultivada de viñedos de los 96 municipios incluidos en el estudio. Para ello se utilizó como fuente de información el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España), disponible en el Servicio de Infraestructura de Datos Espaciales Gobierno de La Rioja (IDER-Rioja) (www.larioja.org). Los mapas ofrecidos por el SIOSE, referidos a 2006, se presentan a escala 1:25000. La unidad de trabajo del SIOSE es el polígono, superficie que presenta una ocupación del suelo con cobertura homogénea. Dentro de cada polígono se definen dos categorías: uso y cobertura. El uso es un concepto relativo a las actividades socioeconómicas que se realizan sobre dicho polígono. La cobertura se refiere al tipo de superficie del terreno o a los elementos que aparecen sobre dicha superficie. El modelo de datos SIOSE permite la asignación de uno o más usos y/o cobertura a un único polígono. En el área de estudio se han seleccionado los polígonos del SIOSE dedicados exclusivamente al cultivo del viñedo o aquellas asociaciones/mosaicos donde la superficie del viñedo representa más del 75%. Esto supone una superficie total de 44.770 ha (Tabla 1).

La segunda fuente de información básica para nuestro trabajo fue el mapa digital del terreno (MDT), obtenido en el IGN. Tanto el MDT como la cartografía del viñedo se trabajaron inicialmente con una resolución de 10x10

Tabla 1. Superficie del viñedo seleccionada del SIOSE

Ocupación del polígono por viñedo	Superficie (ha)	%
100%	35.063,41	78,3
95%	5.011,36	11,2
90%	2.035,99	4,5
85%	998,78	2,2
80%	1.095,09	2,4
75%	565,37	1,2
	44.770	

m por celda (píxel), transformada posteriormente a una resolución de 50 x50 m con el objeto de agilizar las operaciones estadísticas en la base de datos. A partir del MDT se elaboraron los mapas correspondientes a los factores topográficos: altitud, pendiente y exposición.

La información climática fue conseguida en la red de estaciones agro-meteorológicas (SIAR) del Gobierno de La Rioja (www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica). Se seleccionaron las estaciones distribuidas por toda el área de estudio. La red dispone de series de datos de diferente amplitud temporal: las más antiguas recogen información desde el año 2005 (10 años) y dos instaladas recientemente empiezan a ser operativas a partir de 2011 (Arenzana de Abajo y Sta. Engracia de Jubera). En el estudio se han utilizado las estaciones que disponen de las series temporales más largas (19). Las variables analizadas fueron temperatura del aire, temperatura del suelo, radiación acumulada, precipitaciones y humedad del aire. Dentro de las variables climáticas también se incluyó la intensidad de la precipitación en el área de estudio. Para su cálculo se ha utilizado la metodología y aplicación MAXIM (Estimación de la intensidad máxima para una duración y periodo de retorno determinados en la España peninsular) diseñada por De Salas Regalado (2008). De manera automática se ha dispuesto de información sobre la intensidad de precipitación máxima con una duración de 30 minutos y un periodo de retorno de 10 años para diferentes puntos de La Rioja. Todos los valores climáticos han sido interpolados al conjunto del área de estudio por medio de un “kriging”, procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos. De este modo, se han confeccionado las diferentes cartografías.

No existe excesiva información en La Rioja sobre los tipos de suelos y sus características. Sólo se dispone de estudios parciales que hacen referencia a áreas muy concretas (Martínez Vidaurre *et al.*, 2003 y 2004) o estudios muy generales con escasa definición (Ruiz Hernández, 1988). Por ello, y siendo conscientes de que se trata de una aproximación muy general y simplificada, aunque de gran utilidad para establecer criterios básicos, se ha utilizado la cartografía confeccionada por el Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología (1970) que ha sido recodificada a partir de la clasificación WRB-UNESCO. Esta cartografía para el área de estudio distingue suelos cambisoles, kastanozems, calcisoles, regosoles, leptosoles y fluvisoles y fue escaneada, tratada y geo-referenciada con programas de manipulación de imágenes y sistemas de información geográfica. El factor K de la USLE fue obtenido a partir de la información aportada por la base de datos de muestras de suelo del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) 2002-2012, La Rioja (2003) (Galilea Salvador, 2015). Los valores resultantes también fueron sometidos a un proceso de “kriging” para conseguir una cartografía de erodibilidad del área de estudio.

Toda la información fue trabajada con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y programas estadísticos (IBM-SPSS v19®), con el fin de obtener una base de datos lo más completa posible. Se obtuvieron resultados descriptivos y, especialmente, conclusiones a partir de análisis multifactoriales.

En concreto, para lograr establecer grupos homogéneos de viñedo a partir de los factores topográficos, climáticos y edafológicos se utilizó el análisis de conglomerados o clúster (k-medias), técnica multivariante que

permite agrupar los casos de un archivo de datos en función del parecido o similaridad existente entre ellos. El análisis de conglomerados de k-medias es especialmente útil cuando se dispone de un gran número de casos. Requiere que se proponga previamente el número de conglomerados que se desea obtener. En nuestro caso, después de varios intentos, se ha considerado el número de 3. Una vez realizado el análisis de conglomerados, se ha procurado identificar las características que permiten diferenciar a los grupos resultantes del clúster. En este sentido, el análisis discriminante es una técnica estadística capaz de informar sobre qué variables permiten diferenciar a los grupos y cuántas de estas variables son necesarias para alcanzar la mejor clasificación posible. Los grupos obtenidos en el clúster se utilizan como variable dependiente. Las variables que se incluyen para diferenciar a los grupos (factores topográficos, climáticos y edafológicos) se utilizan como variables independientes o variables de clasificación (variables discriminantes).

4. RESULTADOS

La altitud es un factor decisivo en la distribución espacial del viñedo y un indicador indirecto de las condiciones climáticas a escala local. Como se sabe, a partir de ciertos valores, la altitud se muestra como una variable desfavorable para el desarrollo de la propia vid, mermando la calidad de sus caldos (Andrades, 1991). Se tiene constancia, por textos literarios y fuentes, que históricamente en La Rioja el viñedo estuvo presente a altitudes muy superiores a las actuales (García Santamaría y Martín Losa, 1982). Hoy en día, sin embargo, el viñedo sólo se labra en altitudes bajas donde se dan unas condiciones ambientales más apropiadas para una buena producción destinada a la elaboración de caldos de calidad. De hecho, en nuestra zona de estudio los viñedos hoy en día no sobrepasan los 1000 m.s.n.m.

En el área de estudio prácticamente todo el viñedo se cultiva entre los 300 y 700 m.s.n.m., aunque, en realidad, es la franja de los 400 a 600 m.s.n.m. la que dispone de más de la mitad de la superficie, con el 51% del total. Por debajo de los 400 y por encima de los 600 m.s.n.m. la representación del viñedo se reduce considerablemente, siendo testimonial por encima de los 700 m.s.n.m (Tabla 2, Fig. 2). Los viñedos plantados a menor altitud se localizan en la Rioja Baja mientras que, por el contrario, los ubicados a mayor altitud se encuentran en el valle del Najerilla. La altitud media de cultivo del viñedo se sitúa en los 500 m.s.n.m., ligeramente por debajo del valor medio del resto de los cultivos de la Depresión del Ebro riojana (569 m.s.n.m.) (Tabla 3).

El área analizada dispone de superficies con pendientes muy moderadas como corresponde a un relieve de fondo de valle. Prácticamente toda la superficie cultivada de viñedo se encuentra en laderas con menos del 10°

de pendiente (98%) (Tabla 4). Un 2,1% ocupa laderas entre el 10-15°, lo que sugiere que, condicionado por su importante rentabilidad, el agricultor se anima todavía a trabajar algunos sectores de relativa pendiente. Estos espacios son frágiles desde el punto de vista de la actividad de los procesos erosivos.

Tabla 2. Distribución de la superficie del área de estudio y del viñedo por altitudes

Altitud m.s.n.m.	Superficie total del área de estudio (ha)	%	Superficie de viñedo (ha)	%
200-300	9.052,8	4	593,8	1,3
300-400	30.962,8	13,6	5.692,8	12,7
400-500	54.503,3	23,9	15.815,3	35,3
500-600	63.185,8	27,7	16.386,5	36,6
600-700	34.994,0	15,3	5.551,8	12,4
700-800	13.788,0	6	553,3	1,2
800-900	8.051,3	3,5	157,5	0,4
900-1000	5.421,3	2,4	19	0,0
1000-1100	3.674,3	1,6		
1100-1200	2.856,0	1,2		
1200-1300	1.724,0	0,8		
1300-1400	268,2	0,1		
1400-1500	7,2	0,0		
	228.489		44.770	

En algunos sectores estas inclinaciones se reducen por medio de pequeñas terrazas que, al configurar estructuras escalonadas, suavizan ligeramente la ladera. Por encima de 15° de pendiente el viñedo no se cultiva dada las dificultades que se plantean para la ejecución de determinadas labores agrícolas como por las elevadas pérdidas de suelo que provoca la erosión (Fig. 2). Es interesante observar que los valores medios de pendiente con cultivo de viñedo (3°) son inferiores a los del resto de los cultivos (6,3°) (Tabla 3), lo que pone de manifiesto la tendencia reciente del viñedo a ocupar los espacios más llanos, es decir los más mecanizables y fértiles.

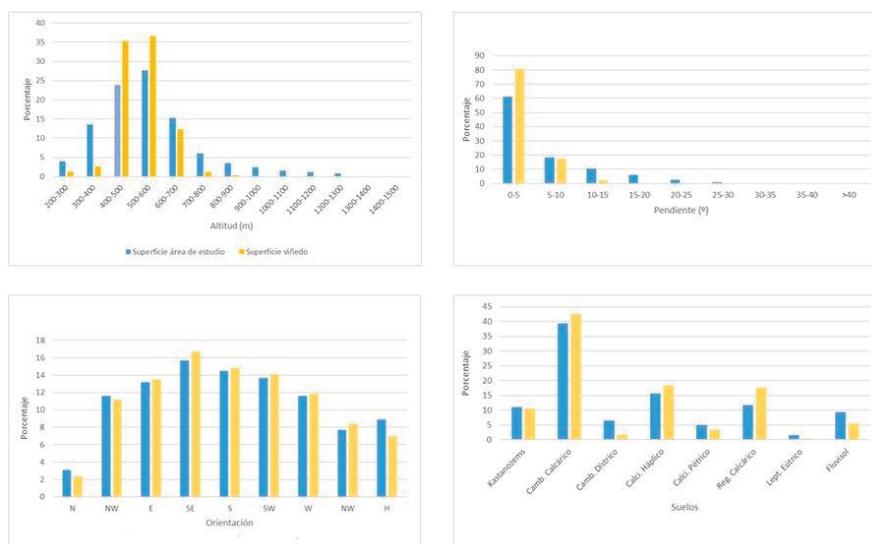


Figura 2. Distribución de la superficie del área de estudio y del viñedo según determinadas variables

Tabla 3. Valores medios de la superficie cultivada de viñedo y otros cultivos

		Media y Desv. estandar
Altitud (m)	Viñedo	500,7 ($\pm 94,02$)
	Otros cultivos	569,1 ($\pm 198,9$)
Pendiente (°)	Viñedo	3,0 ($\pm 2,6$)
	Otros cultivos	6,3 ($\pm 6,6$)
Exposición (°)	Viñedo	163,4 ($\pm 120,9$)
	Otros cultivos	170,5 ($\pm 169,2$)
Precipitación anual (mm)	Viñedo	467,9 ($\pm 38,7$)
	Otros cultivos	461,4 ($\pm 38,8$)
Intensidad precipitación (mm h ⁻¹)	Viñedo	38,1 ($\pm 5,2$)
	Otros cultivos	37,7 ($\pm 5,1$)
Humedad del aire (%)	Viñedo	70,2 ($\pm 2,3$)
	Otros cultivos	70,0 ($\pm 2,3$)
Temperatura media anual (°C)	Viñedo	12,1 ($\pm 0,6$)
	Otros cultivos	12,1 ($\pm 0,7$)
Radiación acumulada (MJ m ⁻²)	Viñedo	449,6 ($\pm 11,8$)
	Otros cultivos	451,9 ($\pm 11,9$)
Temperatura del suelo (°C)	Viñedo	14,0 ($\pm 0,62$)
	Otros cultivos	13,9 ($\pm 0,68$)
Factor k de la USLE	Viñedo	0,3 ($\pm 0,07$)
	Otros cultivos	0,3 ($\pm 0,07$)

Tabla 4. Distribución de la superficie del área de estudio y del viñedo por pendientes

Pendiente (°)	Superficie total del área de estudio (ha)	%	Superficie de viñedo (ha)	%
0-5	139.899	61,2	36.089,5	80,6
5-10	42.246,8	18,5	7.730,1	17,3
10-15	24.009,3	10,5	918,5	2,1
15-20	13.899	6,1	30,3	0,1
20-25	5.844,8	2,6	0,8	0,0
25-30	1.710,3	0,7	0,5	0,0
30-35	526	0,2		
35-40	203,8	0,1	0,3	0,0
>40	160	0,1		
	228.489		44.770	

La exposición es un factor de gran importancia para el viñedo, pues está relacionada directamente con la radiación que reciben las plantas a lo largo del año. Inicialmente hay que pensar que los agricultores seleccionan laderas bien orientadas para lograr una maduración adecuada de la uva y, en consecuencia, una mayor calidad de los caldos. La Tabla 5 y Fig. 2 aportan información de interés sobre la distribución del viñedo según la exposición. Si se exceptúa la exposición norte, el viñedo se reparte de forma bastante homogénea por el resto de las orientaciones. No obstante, las laderas con orientaciones meridionales son las que cuentan con una ligera mayor superficie de

Tabla 5. Distribución de la superficie del área de estudio y del viñedo por exposición

Exposición	Superficie total del área de estudio (ha)	%	Superficie de viñedo (ha)	%
Norte	6.995,8	3,1	1.060,0	2,4
Noreste	26.485,5	11,6	5.007,3	11,2
Este	30.053,3	13,2	6.055,3	13,5
Sureste	35.971,0	15,7	7.489,3	16,7
Sur	33.128,5	14,5	6.641,0	14,8
Suroeste	31.201,3	13,7	6.304,3	14,1
Oeste	26.588,8	11,6	5.303,8	11,8
Noroeste	17.662,8	7,7	3.762,5	8,4
Horizontal	20.402	8,9	3.146,5	7
	228.489		44.770	

viñedos. Así, 7.489,3 ha son cultivadas en exposición sureste, 6.641 ha en exposición sur y 6.304,4 ha en exposición suroeste. En total, estas cantidades suman el 45,6% del viñedo. Un porcentaje más moderado (22%) corresponde a la superficie del viñedo orientada al noreste, norte y noroeste.

Finalmente, y por lo que respecta a los tipos de suelo, se cultivan 19.070,8 ha de viñedo en cambisoles calcáricos (42,6%) que cuentan con un delgado perfil A, un humus tipo mull, textura media, estructura grumosa y buena permeabilidad (Tabla 6, Fig. 2). Debajo se desarrolla un horizonte B de textura algo más limosa, con un elevado contenido en carbonato cálcico que a veces llega al 30% (Machín, 1994). En calcisoles háplicos se labran 8.203,3 ha de viñedos (18,3%). Los calcisoles háplicos están presentes en las terrazas más recientes del Ebro y sus afluentes. Los niveles superiores no disponen de horizontes genéticos. Lo habitual es observar un horizonte antrópico con una textura más arenosa, menos compacta y más fragmentada que la del subsuelo. Hay presencia de carbonato cálcico e importante proporción de gravas. Sobre regosoles calcáricos se localizan 7.901,3 ha de viñedo (17,6%). Según Machín (1994), estos suelos no poseen un horizonte de humus. Normalmente, se trata

Tabla 6. Distribución de la superficie del área de estudio y del viñedo por tipos de suelo

Suelos	Superficie total del área de estudio (ha)	%	Superficie de viñedo (ha)	%
Kastanozem	25.131,8	11,0	4.730,0	10,6
Cambisol calcárico	89.873,5	39,3	19.070,8	42,6
Cambisol dístico	14.744,5	6,5	788,5	1,8
Calcisol háplico	35.866,3	15,7	8.203,3	18,3
Calcisol pétrico	11.106,0	4,9	1.506,3	3,4
Regosol calcárico	26.866,0	11,8	7.901,3	17,6
Leptosol eútrico	3.455,5	1,5	168,8	0,4
Fluvisol	21.445,3	9,4	2.401,0	5,4
	228.489		44.770	

de un horizonte antrópico y subsuelo potente. Tampoco hay una clara diferenciación de horizontes. Son, en general, suelos xerofíticos, con pH superior a 7,5 y en los que la proporción de carbonato cálcico llega a ser del 40%.

Con el propósito de obtener un mayor conocimiento sobre la relación entre la topografía, climatología y suelos en la distribución de la superficie del viñedo riojano, se han utilizado, como ya se ha indicado en la metodología, técnicas estadísticas multivariantes. A partir del análisis clúster, y después de realizar varias pruebas, se ha optado por seleccionar 3 grupos de viñedos que aparecen reseñados en la Tabla 7.

El Grupo 1 (27.1% del total de la superficie del viñedo) representa a aquellas viñas que se encuentran a una altitud media de 614 m.s.n.m., con una pendiente media del 4,1°. Por lo que respecta a las condiciones climáticas, los viñedos agrupados en esta unidad reciben una precipitación total anual de 477 mm, con una temperatura media anual de 11,7°C y una radiación acumulada de 442,1 MJ m². Los suelos de estos viñedos presentan una erodibilidad baja de los tres grupos. En la Fig. 3 se observa que este modelo se distribuye especialmente en la Rioja Alta donde representa el 66% del total.

El Grupo 2 suma 11.128 ha de viñedo (24,8%). Se trata de un viñedo que ocupa áreas con una altitud inferior a los 400 m.s.n.m. y en pendientes muy suaves (1,8°). Estos viñedos reciben una menor precipitación (431 mm). Por el contrario, es el grupo que registra la temperatura media más elevada (12,8°C) y una mayor radiación (463,1 MJ m²). La erodibilidad del suelo es la más alta de los tres grupos. Este modelo adquiere una mayor representación en la Rioja Baja (68% del total) (Fig. 3).

El Grupo 3 supone el 48% (21.503 ha) de la superficie total del viñedo. El modelo presenta una altitud media de 498 m.s.n.m. y una pendiente de 3,1°. Es el viñedo que recibe más precipitaciones (482 mm) y registra una temperatura media de 11,9° y una radiación de 446,5 MJ m²). Como se puede comprobar en la Fig. 3, este modelo alcanza una mayor representación en la Rioja Alta, con un 62% del total, y una menor extensión en la Rioja Baja (9%).

Tabla 7. Grupos seleccionados por el clúster y características más significativas

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Sig. Anova
Superficie (ha)	12.138	11.128	21.503	
Altitud media (m)	614,4 (±51,0)	381,7 (±46,2)	498,2 (±34,6)	0,000
Pendiente media (°)	4,1 (±2,8)	1,8 (±1,7)	3,1 (±2,4)	0,000
Precipitación total anual (mm)	477 (±33,0)	431 (±25,6)	482 (±34,7)	0,000
Intensidad precipitación 30 m (mm h ⁻¹)	40,3 (±3,7)	32,4 (±5,4)	39,9 (±3,3)	0,000
Humedad del aire (%)	71,1 (±1,9)	68,0 (±1,3)	71,0 (±1,9)	0,000
Temperatura media anual (°C)	11,7 (±0,5)	12,8 (±0,4)	11,9 (±0,5)	0,000
Radiación acumulada (MJ m ²)	442,9 (±10,6)	463,1 (±7,3)	446,5 (±9,4)	0,000
Temperatura del suelo (°C)	13,8 (±0,5)	14,5 (±0,5)	13,9 (±0,5)	0,000
Factor K de la USLE	0,281 (±0,047)	0,377 (±0,111)	0,288 (±0,066)	0,000

Para conocer de forma precisa los factores que intervienen en la definición de los grupos y comprobar si la clasificación es correcta se ha recurrido a un análisis discriminante en el que, de inicio, se ha asignado a cada caso el grupo de pertenencia (Grupo de viñedo) asignado por el clúster.

El análisis discriminante selecciona dos funciones (Tabla 7), destacando la primera como la más significativa ya que representa el 94,3% de la varianza. De manera similar, la correlación canónica de esta función es alta (0,905). En la Fig. 4 y en la Tabla 8 se muestran, por un lado, la posición de los centroides de los tres grupos y, por el otro, la matriz de estructura para las dos funciones más decisivas que ofrece los coeficientes de correlación entre las variables independientes y las puntuaciones discriminantes de cada función. Si se combina la lectura de ambas, se puede concluir que la Función 1, representativa de las variables topográficas (altitud y pendiente), discrimina con claridad el Grupo 1 (valores positivos) del Grupo 2 (valores negativos). Recordemos que el primero recoge superficies de viñedos con altitudes por encima de los 600 m y pendientes de 4°, mientras que el segundo son viñedos en laderas por debajo de los 400 m e inclinaciones inferiores a los 2°. La Función 2, menos determinante, está más relacionada con los parámetros pluviométricos (precipitaciones anuales, intensidad de las precipitaciones y humedad del aire), térmicos (radiación acumulada y temperatura del aire) y edáficos (factor K de la USLE y temperatura del suelo). En la Fig. 4 se observa que esta función diferencia a los Grupos 1 y 2 (valores positivos) del 3 (valor negativo).

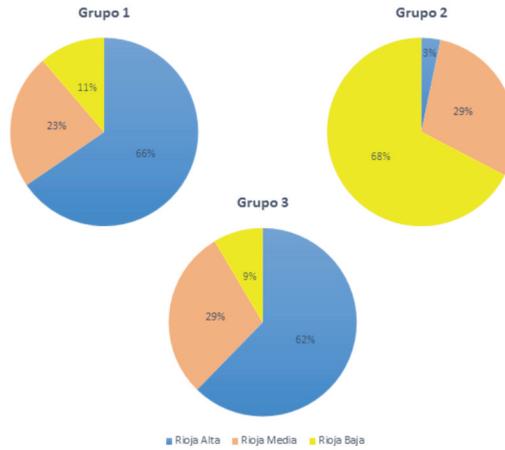


Figura 3. Representación de los tres grupos de viñedos en las comarcas riojanas

Tabla 8. Autovalores del análisis discriminante

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	4,507	94,3	94,3	0,905
2	0,273	5,7	100,0	0,463

Por último, en el análisis estadístico se ha procedido a comprobar la adecuada clasificación de los grupos. Esta es otra de las posibilidades que ofrece el análisis discriminante, con el fin de relacionar los casos determinados por el clúster con los pronosticados por el discriminante. Un número de aciertos elevado valida el proceso estadístico. En la Tabla 9 se han señalado los

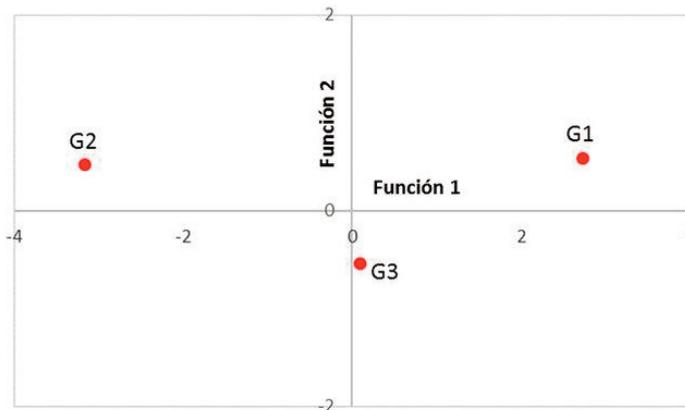


Figura 4. Representación de los centroides de los grupos a partir del análisis discriminante (G1: Grupo 1, G2: Grupo 2, G3: Grupo 3)

Tabla 9. Matriz de estructura del análisis discriminante.

Variables	Función 1	Función 2
Altitud	0,925*	0,279
Pendiente	0,155*	0,002
Precipitaciones anuales	0,251	-0,763*
Intensidad precipitación	0,336	-0,730*
Humedad del aire	0,295	-0,605*
Radiación acumulada	-0,373	0,552*
Temperatura del aire	-0,374	0,524*
Factor K de la USLE	-0,219	0,458*
Temperatura del suelo	-0,250	0,436

Correlaciones dentro de grupos combinados entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas estandarizadas. Variables ordenadas por el tamaño absoluto de la correlación dentro de la función.

*La mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Tabla 10. Resultados de clasificación

	Grupo de pertenencia pronosticado			
	G1	G2	G3	Total
G1	97,3%	0,0%	2,7%	100%
G2	0,0%	92,9%	7,1%	100%
G3	5,6%	3,1%	91,3%	100%

Clasificados correctamente el 93,3% de los casos agrupados originales

resultados que alcanzan una clasificación correcta del 93,3 %. En los tres grupos el porcentaje supera el 90% pudiendo, pues, contrastar la fortaleza del proceso estadístico llevado a cabo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cultivo del viñedo se suele identificar con el clima mediterráneo. Sin embargo, tiene presencia en los cinco continentes, bajo condiciones ambientales muy contrastadas, ya que la vid es una planta capaz de producir en medios muy diversos. Así pues, la extensión y distribución del cultivo del viñedo están condicionadas por variables ambientales, pero también dependen de factores de carácter socioeconómico. El paisaje

actual del viñedo en La Rioja se ha configurado a lo largo de la historia y, especialmente, a partir de la Edad Contemporánea (Gómez Urdañez, 2001). En el pasado, su organización espacial y extensión en el territorio estuvo muy vinculada a las características del medio natural y, posteriormente, como se ha indicado, intervinieron otros factores más relacionados con los mercados o la legislación. De cualquier forma, todavía, hoy en día, el viñedo exige unas condiciones ambientales muy precisas (ligadas al clima y al suelo) para producir

vino de buena calidad y fácilmente identificable por el consumidor experto (Pascual y Cabrerizo, 1995).

Este estudio se ha llevado a cabo en 96 municipios del sector septentrional de La Rioja donde domina el espacio agrario y se cultivan más de 10 ha de viñedo. Se trata de un territorio que, en gran parte, se encuentra sobre los materiales terciarios y cuaternarios de la Depresión del Ebro y en el que domina una topografía de formas suaves y escasa altitud. En este territorio se constata que el viñedo se cultiva preferentemente entre los 400 a 600 m.s.n.m., en laderas con menos de 10° de pendiente y, preferentemente, en orientaciones meridionales, es decir, con altas tasas de radiación.

Las variables topográficas, climáticas y edáficas tienen un destacado papel en la distribución de la superficie del viñedo y, especialmente, ayudan a explicar la existencia de grupos o modelos en su organización espacial. No obstante, no todas las variables indicadas tienen el mismo peso. Parecen más determinantes los factores topográficos (altitud y pendiente). A partir del conjunto de variables manejadas se han identificado tres grupos de viñedos cuyas principales características son resumidas en la Tabla 10.

Tabla 11. Grupos de viñedos y características más destacadas

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Variables topográficas	Altitud (m)	614,4	381,7	498,2
	Pendiente (°)	4,1	1,8	3,1
	Exposición (°)	Sureste Este	Sur Sureste	Sureste Suroeste
Variables climáticas	Precipitación anual (mm)	477	431	482
	Intens. Precipitación (mm h ⁻¹)	40,3	32,4	39,9
	Humedad del aire (%)	71,1	68,0	71,0
	Temperatura media anual (°C)	11,7	12,8	11,9
	Radiación acumulada (MJ m ⁻²)	442,9	463,1	446,5
Variables geo-edáficas	Litología	Areniscas y arcillas	Materiales aluviales y coluviales	Areniscas y arcillas
	Tipos de suelos	Cambisol calcárico	Regosoles calcáricos	Cambisol calcárico
	Temperatura del suelo (°C)	13,8	14,5	13,9
	Erodibilidad (factor K de la USLE)	0,281	0,377	0,288
Localización	Comarcas	Rioja Alta	Rioja Baja	Rioja Alta

El primer grupo presenta unos viñedos a mayor altitud que soportan temperaturas ligeramente más bajas y una menor radiación, a pesar de que se orientan hacia exposiciones orientales. Es un viñedo alejado de las terrazas fluviales, pues se localiza sobre las areniscas y arcillas del Mioceno. Este modelo está muy bien representado en la Rioja Alta.

El segundo grupo viene mejor definido por la altitud y la pendiente. De los tres grupos es el que presenta unas menores altitudes, con una pendiente media que no alcanza los 2°. Esto implica una mayor temperatura y radiación. En contraposición, es el viñedo en el que se recoge menor cantidad

de precipitación. Las parcelas se sitúan principalmente en las terrazas del Ebro, en la Rioja Baja, y en los cursos bajos del Cidacos y Alhama.

El tercer grupo alterna los glaciares y terrazas cuaternarias con las areniscas del Mioceno donde se han desarrollado cambisoles calcáricos, con baja erodibilidad. Una clara diferenciación con el resto de los grupos es que las viñas se localizan a altitudes intermedias y pendientes moderadas. Se trataría de un viñedo muy bien representado en la Rioja Alta.

Puede resumirse la información aportada indicando que el Grupo 3, que cuenta con un mayor número de hectáreas, corresponde al viñedo histórico de la Rioja Alta, un viñedo que se adapta a unas condiciones ambientales muy apropiadas para este tipo de cultivo. Razones de mercado (excelente comercialización del vino de Rioja) han animado a aumentar la superficie del viñedo en altitudes y laderas más inclinadas, con condiciones ambientales en general más severas (Grupo 1). Las mismas razones justifican que el viñedo se haya labrado por debajo de los 400 m de altitud, en terrazas fluviales bajas donde la temperatura y la radiación son algo más elevadas, aunque las precipitaciones más escasas (Grupo 2).

En conclusión, el método empleado en este estudio para seleccionar y caracterizar los diferentes modelos (grupos) de viñedos riojanos, apoyado en cartografía automática y análisis multivariable, puede ser de gran utilidad para ayudar al análisis territorial de los paisajes rurales. Obviamente, los resultados que se obtengan serán más precisos en la medida en que se seleccionen adecuadamente las variables y se constate la calidad de los datos.

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este trabajo ha contado con el apoyo del proyecto ESPAS, CGL2015-65569-R (MINECO-FEDER).

REFERENCIAS

- ANDRADES, M., 1991. *Influencias climáticas sobre el proceso de maduración de vitis vinífera. Diferenciación varietal*. Consejería de Agricultura y Alimentación. Serie Estudios nº 20, Logroño.
- ARNÁEZ, J., ORTIGOSA, L., RUIZ-FLAÑO, P., LASANTA, T., 2006a. Distribución espacial del viñedo en la Comunidad Autónoma de La Rioja: influencia de la topografía y de las formas del relieve. *Polígonos* 16, 11-34.

- ARNÁEZ, J., ORTIGOSA, L., RUIZ-FLAÑO, P., LASANTA, T., 2006b. Producción de sedimentos en viñedos mediante simulación de lluvia: comparación de resultados con diferentes modelos empíricos. En: *Geomorfología y Territorio* (PÉREZ ALBERTI, A., LÓPEZ BEDOYA, J. Edrs.). Universidad de Santiago de Compostela, pp. 165-175, Santiago de Compostela.
- ARNÁEZ, J., LASANTA, T., RUIZ-FLAÑO, P., ORTIGOSA, L., 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. *Soil and Tillage Research* 93, 324-334.
- ARNÁEZ, J., RUIZ-FLAÑO, P., LASANTA, T., ORTIGOSA, L., LLORENTE, J.A., PASCUAL, N., LANA-RENAULT, N., 2012. Efectos de las rodadas de tractores en la escorrentía y erosión de suelos en laderas cultivadas con viñedos. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 38, 115-130.
- BARCO, E., 2008. *Análisis de un sector: el Rioja entre dos siglos*. Gobierno de La Rioja, 350 pp., Logroño.
- BARCO, E., LANGREO, A., NAVARRO, M.C., 2005. Cambios en el mercado internacional del vino. *Distribución y Consumo* 80, 53-64.
- BARCO, E., NAVARRO, M.C., 2014. Los sistemas regionales de la vitivinicultura en España: el caso de la DOCaRioja. En: *La economía del vino en España y en el mundo* (COMPÉS LÓPEZ, R., CASTILLO VALERO, J.S., Coord.). Cajamar CajaRural, pp. 175-210.
- CUADRAT, J.M., 1994. El clima. En: *Geografía de La Rioja. Tomo I Geografía Física*. Fundación CajaRioja, pp. 129-163, Logroño.
- DE SALAS REGALADO, L., CARRERO DÍEZ, L., 2008. *Estimación de la intensidad máxima para una duración y periodo de retorno determinados en la España peninsular mediante la aplicación informática MAXIN*. Universidad Politécnica de Madrid, 38 pp., Madrid.
- GALILEA SALVADOR, I. 2010. Cambios territoriales y modelos de evolución del viñedo en el sector nororiental de la Rioja Alta (1956-2000). *Zubía*, 28, 111-138.
- GALILEA SALVADOR, I., ARNÁEZ, J., LASANTA, T., ORTIGOSA, L. M. 2015. Evolución y desfragmentación del paisaje del viñedo en la Rioja alta (España) en el periodo 1956-2000. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 69, 315-331.
- GALILEA SALVADOR, I., 2015. *Erosión de suelos y laderas en el espacio agrícola de La Rioja. Aplicación y cartografía del modelo Rusle*. Tesis Doctoral. Universidad de La Rioja, 405 pp., Logroño.
- GALLEGO MARTÍNEZ, D., 1986. El sector agrario riojano (1855-1935), de la especialización vitícola a la diversificación de la producción agraria. *Brocar* 12, 45-88.
- GARCÍA SANTAMARÍA, P., MARTÍN LOSA F., 1982. *El Rioja y sus viñas*. Gonzalo de Berceo, 98 pp., Logroño.
- GOBIERNO DE LA RIOJA, 2015. *Estadística Agraria Regional 2013*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 118 pp., Logroño.

- GÓMEZ URDÁNEZ, J.L., Dir., 2001. *El Rioja Histórico. La Denominación de Origen y el Consejo Regulador*. Consejo Regulador de la Denominación Calificada Rioja, 1-270 pp., Logroño.
- INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA, 1970. *Mapa de suelos de la provincia de Logroño. Escala 1:250.000*. Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patronatos "Alonso de Herrera" y "José María Quadrado", Madrid.
- Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012. La Rioja (2004)*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid
- JULIÁN, A., PEÑA, J.L., 2007. Las acumulaciones cuaternarias en el sector occidental de la Depresión del Ebro. En: *Espacios Naturales y Paisajes en La Rioja* (ARNÁEZ, J., GARCÍA-RUIZ, J.M., Edrs.). Instituto de Estudios Riojanos, pp. 63-72, Logroño.
- LASANTA, T., RUIZ-FLAÑO, P., 2014. Los paisajes del viñedo de Rioja: tradición y modernidad. *Berceo* 167, 13-44.
- LLORENTE ADÁN, J. A., 2010. Modelos de viñedos en la Rioja Alta (La Rioja, España) a partir de sistemas de información geográfica y análisis multifactorial. *Zubía* 28, 89-110.
- MACHÍN, J., 1994. Los suelos. *Geografía de La Rioja. Tomo I: Geografía Física*. Caja Rioja, 243-250.
- MARTÍNEZ VIDAURRE, J.M., ARPÓN SÁINZ, L., QUINTANAR SOTO, A.B., 2003 Mapa de suelos de Uruñuela. *Cuadernos de Campo* 25, 34-39.
- MARTÍNEZ VIDAURRE, J.M., ETXALEKU LÓPEZ, N., GÓMEZ PÉREZ, N., PAVÓN, F., 2004. Descripción, caracterización y cartografía de los suelos de la Rioja Baja: término municipal de Aldeanueva de Ebro. *Zubia Monográfico* 16-17, 139-146
- PASCUAL, N., CABRERIZO, A., 1995. Distribución espacial del viñedo de Rioja en relación con los condicionantes ambientales. *Berceo* 129, 75-95.
- PEÑA MONNÉ, J.L., JULIÁN ANDRÉS, A., 1994. La Depresión del Ebro. En: *Geografía de La Rioja. Tomo 1 (Geografía Física)*. Fundación CajaRioja, pp. 85-94, Logroño
- RUIZ-FLAÑO, P., ARNÁEZ, J., LASANTA, T., ORTIGOSA, L., 2008. Procesos de erosión y pérdidas de suelo tras lluvias intensas en viñedos de La Rioja (España). *Zubía* 25-26, 61-74.
- RUIZ HERNÁNDEZ, M., 1988. El vino de Rioja. *El Campo* 110, 55-66.