



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

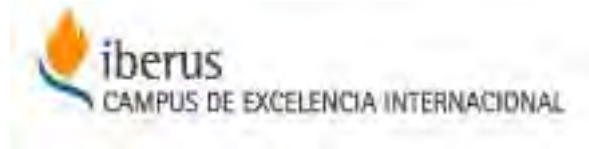
| |
|--|
| Título |
| Erosión de suelos y laderas en el espacio agrícola de La Rioja. Aplicación y cartografía del modelo Rusle |
| Autor/es |
| Ianire Galilea Salvador |
| Director/es |
| Purificación Ruiz Flaño |
| Facultad |
| Facultad de Letras y de la Educación |
| Titulación |
| |
| Departamento |
| Ciencias Humanas |
| Curso Académico |
| |



Erosión de suelos y laderas en el espacio agrícola de La Rioja. Aplicación y cartografía del modelo Rusle, tesis doctoral

de Ianire Galilea Salvador, dirigida por Purificación Ruiz Flaño (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



Universidad de La Rioja
Facultad de Letras y de la Educación
Departamento de Ciencias Humanas

EROSIÓN DE SUELOS Y LADERAS EN EL ESPACIO AGRÍCOLA DE LA RIOJA. APLICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DEL MODELO RUSLE

TESIS DOCTORAL

Ianire Galilea Salvador

Directora: Purificación Ruiz Flaño

Memoria presentada por la autora para
optar al grado de Doctora en Geografía
por la Universidad de La Rioja

Logroño, noviembre de 2015



A la memoria de
Luis M^a. Ortigosa Izquierdo

Este trabajo se ha realizado gracias a la concesión de una beca predoctoral para la formación de personal investigador entre 2009-2013, otorgada por el Gobierno de La Rioja conforme a la orden Orden 7/2007 del 15 de marzo de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte (Boletín Oficial de La Rioja 24-3-2007) y a la Resolución del Consejero de Educación, Cultura y Deporte, del 13 de marzo de 2009, (Boletín Oficial de La Rioja de 30 de marzo).

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ÁREA DE ESTUDIO | 13 |
| 2.1. Características generales del relieve riojano | 13 |
| 2.2. Los ríos de La Rioja | 15 |
| 2.3. Características climáticas | 18 |
| 2.4. La organización del territorio y el espacio agrario | 20 |
| 2.4.1. La organización del territorio | 20 |
| 2.4.2. El espacio agrícola | 25 |
| 3. METODOLOGÍA GENERAL | 31 |
| 3.1. Estimación de la erosividad de las lluvias (Factor R) | 33 |
| 3.2. Estimación de la erodibilidad de los suelos (Factor K) | 33 |
| 3.3. Estimación del factor topográfico (Factor LS) | 34 |
| 3.4. Estimación del Factor Cubierta de suelos (C) | 34 |
| 3.5. Estimación del Factor de Prácticas de Conservación de Suelos (Factor P) | 40 |
| 3.6. Pérdida anual de suelos en el espacio agrícola riojano (A) | 40 |
| 4. LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (FACTOR R) Y LA ERODIBILIDAD DE LOS SUELOS (FACTOR K) DEL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO | 41 |
| 4.1. Factor de erosividad de la lluvia (R) | 41 |
| 4.1.1. Estimación del factor R | 51 |
| A) Índice de Agresividad Hídrica (ICONA, 1988) | 43 |
| B) Índice de Agresividad de la lluvia de Fournier (IF) | 44 |
| C) Índice Modificado de Fournier (IMF) | 46 |
| 4.1.2. Erosividad de las precipitaciones en La Rioja | 46 |
| 4.1.3. Discusión | 53 |
| 4.2. Factor de erodibilidad de los suelos (K) | 56 |
| 4.2.1. Estimación del factor K | 58 |
| A) Información edáfica | 59 |
| B) Información fisiográfica | 74 |
| C) Unidades homogéneas de suelo | 81 |
| 4.2.2. Erodibilidad de los suelos agrícolas de La Rioja | 84 |
| 4.2.3. Discusión | 96 |
| 5. EL FACTOR TOPOGRÁFICO (FACTOR LS) Y LA CUBIERTA VEGETAL Y LOS USOS DEL SUELO (FACTOR C) DEL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO | 98 |
| 5.1. Factor topográfico (LS) | 98 |
| 5.1.1. El factor LS en el espacio agrícola riojano | 103 |

| | |
|--|-----|
| 5.2. Factor de cubierta vegetal y usos del suelo (C) | 109 |
| 5.2.1. El uso previo de la tierra (Subfactor PLU) | 111 |
| A) Subfactor PLU en cereal de grano | 114 |
| B) Subfactor PLU en hortalizas de flor | 115 |
| C) Subfactor PLU en hortalizas leguminosas | 116 |
| D) Subfactor PLU en hortalizas de hoja | 119 |
| E) Subfactor PLU en hortalizas de fruto | 121 |
| F) Subfactor PLU en raíces y tubérculos | 123 |
| G) Subfactor PLU en cultivos industriales | 125 |
| H) Subfactor PLU en cultivos forrajeros | 128 |
| I) Subfactor PLU en patata | 129 |
| 5.2.2. La cubierta aérea (Subfactor CC) | 131 |
| A) Subfactor CC en cereal de grano | 133 |
| B) Subfactor CC en hortalizas de flor | 133 |
| C) Subfactor CC en hortalizas leguminosas | 135 |
| D) Subfactor CC en hortalizas de hoja | 137 |
| E) Subfactor CC en hortalizas de fruto | 139 |
| F) Subfactor CC en raíces y tubérculos | 140 |
| G) Subfactor CC en cultivos industriales | 141 |
| H) Subfactor CC en cultivos forrajeros | 143 |
| I) Subfactor CC en patata | 144 |
| J) Subfactor CC en viñedo | 145 |
| K) Subfactor CC en frutales de fruto seco | 146 |
| L) Subfactor CC en frutales de pepita | 151 |
| M) Subfactor CC en frutales de hueso | 155 |
| N) Subfactor CC en olivo | 161 |
| 5.2.3. La humedad del suelo (Subfactor SM) | 165 |
| 5.2.4. La rugosidad superficial (Subfactor SR) | 170 |
| A) Subfactor SR en cereal de grano | 172 |
| B) Subfactor SR en hortalizas de flor | 173 |
| C) Subfactor SR en hortalizas leguminosas | 175 |
| D) Subfactor SR en hortalizas de hoja | 178 |
| E) Subfactor SR en hortalizas de fruto | 181 |
| F) Subfactor SR en raíces y tubérculos | 183 |
| G) Subfactor SR en cultivos industriales | 185 |
| H) Subfactor SR en cultivos forrajeros | 188 |
| I) Subfactor SR en patata | 189 |
| J) Subfactor SR en viñedo | 191 |
| K) Subfactor SR en frutales de fruto seco | 193 |

| | |
|---|-----|
| L) Subfactor SR en frutales de pepita | 195 |
| M) Subfactor SR en frutales de hueso | 195 |
| N) Subfactor SR en olivo | 197 |
| 5.2.5. La cobertura superficial (Subfactor SC) | 199 |
| A) Subfactor SC en cereal de grano | 201 |
| B) Subfactor SC en hortalizas de flor | 202 |
| C) Subfactor SC en hortalizas leguminosas | 203 |
| D) Subfactor SC en hortalizas de hoja | 206 |
| E) Subfactor SC en hortalizas de fruto | 207 |
| F) Subfactor SC en raíces y tubérculos | 208 |
| G) Subfactor SC en cultivos industriales | 209 |
| H) Subfactor SC en cultivos forrajeros | 210 |
| I) Subfactor SC en patata | 211 |
| J) Subfactor SC en viñedo | 211 |
| K) Subfactor SC en frutales de fruto seco | 212 |
| L) Subfactor SC en frutales de pepita | 217 |
| M) Subfactor SC en frutales de hueso | 220 |
| N) Subfactor SC en olivo | 226 |
| 5.2.6. El factor C anual en los cultivos riojanos | 231 |
| A) Zona 1. Estación de Agoncillo | 231 |
| B) Zona 2. Estación de Aldeanueva de Ebro | 234 |
| C) Zona 3. Estación de Alfaro | 237 |
| D) Zona 4. Estación de Arnedo | 239 |
| E) Zona 5. Estación de Casalarreina | 242 |
| F) Zona 6. Estación de Haro | 246 |
| G) Zona 7. Estación de Logroño | 248 |
| H) Zona 8. Estación de Moncalvillo | 250 |
| I) Zona 9. Estación de Nájera | 253 |
| J) Zona 10. Estación de Ocón | 255 |
| K) Zona 11. Estación de Santo Domingo de la Calzada | 258 |
| L) Zona 12. Estación de San Vicente de la Sonsierra | 260 |
| M) Zona 13. Estación de Uruñuela-Torremontalbo | 262 |
| N) Zona 14. Estación de Villar de Torre | 264 |
| O) Zona 15. Estación de Yerga | 267 |
| 5.2.7. Discusión | 270 |
| 6. LAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO (FACTOR P) EN LOS CULTIVOS RIOJANOS | 272 |
| 6.1. Prácticas de conservación de suelos (P) en La Rioja | 276 |
| 6.1.1. Análisis de los modelos de campos | 276 |

| | |
|--|-----|
| 6.1.2. Sistemas de laboreo | 285 |
| 6.1.3. Dirección del laboreo | 288 |
| 6.2. Estimación del factor P en La Rioja | 295 |
| 6.3. Discusión | 297 |
| 7. PÉRDIDA ANUAL DE SUELOS EN EL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO (A) | 299 |
| 7.1. Zona 1. Estación de Agoncillo | 302 |
| 7.2. Zona 2. Estación de Aldeanueva de Ebro | 306 |
| 7.3. Zona 3. Estación de Alfaro | 311 |
| 7.4. Zona 4. Estación de Arnedo | 315 |
| 7.5. Zona 5. Estación de Casalarreina | 320 |
| 7.6. Zona 6. Estación de Haro | 323 |
| 7.7. Zona 7. Estación de Logroño | 326 |
| 7.8. Zona 8. Estación de Moncalvillo | 330 |
| 7.9. Zona 9. Estación de Nájera | 334 |
| 7.10. Zona 10. Estación de Ocón | 337 |
| 7.11. Zona 11. Estación de Santo Domingo de la Calzada | 340 |
| 7.12. Zona 12. Estación de San Vicente de la Sonsierra | 343 |
| 7.13. Zona 13. Estación de Uruñuela-Torremontalbo | 346 |
| 7.14. Zona 14. Estación de Villar de Torre | 349 |
| 7.15. Zona 15. Estación de Yerga | 352 |
| 7.16. Discusión | 356 |
| 8. CONCLUSIONES | 361 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 367 |
| ANEXOS | 394 |

ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, FIGURAS, GRÁFICOS Y FOTOS

| | |
|---|-----|
| Mapa 2.1. Área de estudio | 14 |
| Mapa 2.2. Precipitaciones anuales de La Rioja | 19 |
| Mapa 2.3. Temperaturas medias anuales de La Rioja | 20 |
| Mapa 2.4. Organización comarcal | 21 |
| Mapa 2.5. Superficie de cereal por municipios | 27 |
| Mapa 2.6. Superficie de viñedo por municipios | 28 |
| Mapa 2.7. Porcentaje municipal de superficie de viñedo | 29 |
| Mapa 4.1. Localización de las estaciones meteorológicas | 47 |
| Mapa 4.2. Valores y distribución de la erosividad | 52 |
| Mapa 4.3. Rangos de erosividad del programa CORINE (1992) | 53 |
| Mapa 4.4. Suelos de La Rioja (Clasificación USDA Soil Taxonomy, 1939) | 61 |
| Mapa 4.5. Suelos de La Rioja (Clasificación WRB FAO/UNESCO, 1998) | 64 |
| Mapa 4.6. Suelos del área de estudio (Clasificación WRB FAO/UNESCO, 1998) | 65 |
| Mapa 4.7. Texturas de suelo en el área de estudio | 71 |
| Mapa 4.8. Estructuras de suelo en el área de estudio | 72 |
| Mapa 4.9. Permeabilidad de suelo en el área de estudio | 73 |
| Mapa 4.10. Litología del área de estudio | 79 |
| Mapa 4.11. Unidades fisiográficas del área de estudio | 80 |
| Mapa 4.12. Unidades homogéneas de suelo del área de estudio | 83 |
| Mapa 4.13. Valores y distribución de la erodibilidad | 85 |
| Mapa 5.1. Intervalos de pendiente del área de estudio | 104 |
| Mapa 5.2. Valores y distribución del factor topográfico | 108 |
| Mapa 5.3. Intervalos de pedregosidad del área de estudio | 200 |
| Mapa 5.4. Valores del factor C en la Zona 1 | 234 |
| Mapa 5.5. Valores del factor C en la Zona 2 | 237 |
| Mapa 5.6. Valores del factor C en la Zona 3 | 239 |
| Mapa 5.7. Valores del factor C en la Zona 4 | 242 |
| Mapa 5.8. Valores del factor C en la Zona 5 | 245 |
| Mapa 5.9. Valores del factor C en la Zona 6 | 247 |
| Mapa 5.10. Valores del factor C en la Zona 7 | 250 |
| Mapa 5.11. Valores del factor C en la Zona 8 | 253 |
| Mapa 5.12. Valores del factor C en la Zona 9 | 255 |
| Mapa 5.13. Valores del factor C en la Zona 10 | 258 |
| Mapa 5.14. Valores del factor C en la Zona 11 | 260 |
| Mapa 5.15. Valores del factor C en la Zona 12 | 262 |
| Mapa 5.16. Valores del factor C en la Zona 13 | 264 |
| Mapa 5.17. Valores del factor C en la Zona 14 | 267 |

| | |
|---|-----|
| Mapa 5.18. Valores del factor C en la Zona 15 | 270 |
| Mapa 6.1. Modelos de campos y su distribución | 283 |
| Mapa 6.2. Pendiente media de las parcelas agrícolas | 284 |
| Mapa 6.3. Dirección de laboreo | 289 |
| Mapa 6.4. Valores y distribución del factor de prácticas de conservación de Wischmeier y Smith (1978) | 298 |
| Mapa 7.1. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 1 | 301 |
| Mapa 7.2. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 2 | 310 |
| Mapa 7.3. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 3 | 314 |
| Mapa 7.4. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 4 | 319 |
| Mapa 7.5. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 5 | 322 |
| Mapa 7.6. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 6 | 325 |
| Mapa 7.7. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 7 | 329 |
| Mapa 7.8. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 8 | 333 |
| Mapa 7.9. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 9 | 336 |
| Mapa 7.10. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 10 | 339 |
| Mapa 7.11. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 11 | 342 |
| Mapa 7.12. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 12 | 345 |
| Mapa 7.13. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 13 | 348 |
| Mapa 7.14. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 14 | 351 |
| Mapa 7.15. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 15 | 355 |
| | |
| Tabla 2.1. Relación de municipios de la comarca de Rioja Alta | 23 |
| Tabla 2.2. Relación de municipios de la comarca de Rioja Media | 24 |
| Tabla 2.3. Relación de municipios de la comarca de Rioja Baja | 25 |
| Tabla 4.1. Comparativa ente los valores medios anuales del Índice de Agresividad de la Lluvia de Fournier (ICONA, 1988) y los valores medios de series actuales (2005-2010) | 45 |
| Tabla 4.2. Características y descripción de los observatorios | 48 |
| Tabla 4.3. Precipitaciones medias mensuales y anuales entre 2005 y 2011 | 49 |
| Tabla 4.4. Valores anuales de IMF para el intervalo 2005-2011 en La Rioja | 50 |
| Tabla 4.5. Valores mensuales medios de IMF para el intervalo 2005-2011 en La Rioja | 51 |
| Tabla 4.6. Clasificación de los valores de erosividad (CORINE, 1992) | 53 |
| Tabla 4.7. Características del subfactor S | 57 |
| Tabla 4.8. Actualización de la USDA Soil Taxonomy (1939) con taxones WRB FAO/ UNESCO (1998) | 62 |
| Tabla 4.9. Superficie de los suelos del área de estudio | 67 |
| Tabla 4.10. Textura de los suelos del área de estudio | 68 |
| Tabla 4.11. Estructura de los suelos del área de estudio | 68 |
| Tabla 4.12. Permeabilidad de los suelos del área de estudio | 68 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.13. Superficie de las unidades fisiográficas del área de estudio | 77 |
| Tabla 4.14. Caracterización de las unidades fisiográficas | 78 |
| Tabla 4.15. Erodibilidad de los tipos de suelo | 84 |
| Tabla 4.16. Rangos de erodibilidad (Renard <i>et al</i> , 1997) | 86 |
| Tabla 4.17. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Obarenes-Cantabria | 86 |
| Tabla 4.18. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Margas | 87 |
| Tabla 4.19. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Evaporitas de la Depresión | 87 |
| Tabla 4.20. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Conglomerados de borde | 88 |
| Tabla 4.21. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Haro | 89 |
| Tabla 4.22. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Depresión de Arnedo | 89 |
| Tabla 4.23. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Triásico de Cameros | 90 |
| Tabla 4.24. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Aluvial | 91 |
| Tabla 4.25. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Nájera | 92 |
| Tabla 4.26. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Glacis y rañas | 94 |
| Tabla 4.27. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Alcarama | 95 |
| Tabla 4.28. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Yerga-Peñalosa | 95 |
| Tabla 5.1. Valores del factor LS para una relación baja de erosión en regueros y entre regueros | 100 |
| Tabla 5.2. Valores del factor LS para una relación media de erosión en regueros y entre regueros | 101 |
| Tabla 5.3. Valores del factor LS para una relación alta de erosión en regueros y entre regueros | 102 |
| Tabla 5.4. Masa radical en las diferentes etapas de desarrollo (lb/acre). Fuente: varios autores y elaboración propia * | 112 |
| Tabla 5.5. Residuo generado por los cultivos y residuo que queda en superficie tras las labores post-cosecha (lb/acre). Fuente: varios autores | 113 |
| Tabla 5.6. Parámetros de PLU en cereal de grano | 114 |
| Tabla 5.7. Parámetros de PLU en alcachofa | 115 |
| Tabla 5.8. Parámetros de PLU en coliflor y brócoli | 116 |
| Tabla 5.9. Parámetros de PLU en guisante verde | 117 |
| Tabla 5.10. Parámetros de PLU en judía verde | 118 |
| Tabla 5.11. Parámetros de PLU en haba | 119 |
| Tabla 5.12. Parámetros de PLU en col | 120 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.13. Parámetros de PLU en repollo | 120 |
| Tabla 5.14. Parámetros de PLU en lechuga y escarola | 121 |
| Tabla 5.15. Parámetros de PLU en tomate | 122 |
| Tabla 5.16. Parámetros de PLU en pimiento | 123 |
| Tabla 5.17. Parámetros de PLU en zanahoria | 124 |
| Tabla 5.18. Parámetros de PLU en cebolla | 125 |
| Tabla 5.19. Parámetros de PLU en remolacha azucarera | 126 |
| Tabla 5.20. Parámetros de PLU en girasol | 127 |
| Tabla 5.21. Parámetros de PLU en colza | 128 |
| Tabla 5.22. Parámetros de PLU en cultivos forrajeros | 129 |
| Tabla 5.23. Parámetros de PLU en patata de media estación | 130 |
| Tabla 5.24. Parámetros de PLU en patata tardía | 130 |
| Tabla 5.25. Valores del subfactor CC en cereales de grano (Renard <i>et al</i> , 1996) | 133 |
| Tabla 5.26. Valores del subfactor CC en alcachofa bianual o trianual (10.000 plantas/ha) | 134 |
| Tabla 5.27. Valores del subfactor CC en alcachofa anual (10.000 plantas/ha) | 134 |
| Tabla 5.28. Valores del subfactor CC en coliflor (35.000 plantas/ha) | 135 |
| Tabla 5.29. Valores del subfactor CC en guisante verde (1.100.000 plantas/ha) | 136 |
| Tabla 5.30. Valores del subfactor CC en judía verde (120.000 plantas/ha) | 136 |
| Tabla 5.31. Valores del subfactor CC en haba (160.000 plantas/ha) | 137 |
| Tabla 5.32. Valores del subfactor CC en lechuga y escarola (75.000 plantas/ha) | 138 |
| Tabla 5.33. Valores del subfactor CC en col (30.000 plantas/ha) | 138 |
| Tabla 5.34. Valores del subfactor CC en repollo (30.000 plantas/ha) | 139 |
| Tabla 5.35. Valores del subfactor CC en tomate (35.000 plantas/ha) | 139 |
| Tabla 5.36. Valores del subfactor CC en pimiento (7.000 plantas/ha) | 140 |
| Tabla 5.37. Valores del subfactor CC en zanahoria (45.000 plantas/ha) | 141 |
| Tabla 5.38. Valores del subfactor CC en cebolla (350.000 plantas/ha) | 141 |
| Tabla 5.39. Valores del subfactor CC en remolacha azucarera (105.000 plantas/ha) | 142 |
| Tabla 5.40. Valores del subfactor CC en girasol (50.000 plantas/ha) | 143 |
| Tabla 5.41. Valores del subfactor CC en colza (100.000 plantas/ha) | 143 |
| Tabla 5.42. Valores del subfactor CC en cultivos forrajeros (Renard <i>et al</i> , 1996) | 144 |
| Tabla 5.43. Valores del subfactor CC en patata de media estación (60.000 plantas/ha) | 144 |
| Tabla 5.44. Valores del subfactor CC en patata tardía (60.000 plantas/ha) | 145 |
| Tabla 5.44. Valores del subfactor CC en patata tardía (60.000 plantas/ha) | 145 |
| Tabla 5.45. Valores del subfactor CC en vid en vaso (3.000 cepas/ha) | 145 |
| Tabla 5.46. Valores del subfactor CC en vid en espaldera (3.000 cepas/ha) | 146 |
| Tabla 5.47. Valores promedio de los parámetros de CC entre mayo y octubre por estratos de densidad | 148 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.48. Valores mensuales de CC en almendro por estratos de densidad | 148 |
| Tabla 5.49. Valores mensuales de CC en almendro sin mantenimiento | 148 |
| Tabla 5.50. Valores promedio de los parámetros de CC en nogal entre mayo y octubre por estratos de densidad | 150 |
| Tabla 5.51. Valores mensuales de CC en nogal por estratos de densidad | 150 |
| Tabla 5.52. Valores mensuales de CC en nogal sin mantenimiento por estratos de densidad | 150 |
| Tabla 5.53. Valores promedio de los parámetros de CC entre mayo y octubre por estratos de densidad | 152 |
| Tabla 5.53. Valores promedio de los parámetros de CC entre mayo y octubre por estratos de densidad | 152 |
| Tabla 5.54. Valores mensuales de CC en peral por estratos de densidad | 152 |
| Tabla 5.55. Valores mensuales de CC en peral con cubierta vegetal por estratos de densidad | 152 |
| Tabla 5.56. Valores promedio de los parámetros de CC en manzano entre mayo y octubre por estratos de densidad | 154 |
| Tabla 5.57. Valores mensuales de CC en manzano por estratos de densidad | 154 |
| Tabla 5.58. Valores mensuales de CC en manzano con cubierta vegetal por estratos de densidad | 155 |
| Tabla 5.59. Valores promedio de los parámetros de CC en melocotonero y nectarino entre mayo y octubre por estratos de densidad | 156 |
| Tabla 5.60. Valores mensuales de CC en melocotonero y nectarino por estratos de densidad | 157 |
| Tabla 5.61. Valores mensuales de CC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por estratos de densidad | 157 |
| Tabla 5.62. Valores promedio de los parámetros de CC en cerezo y guindo entre mayo y octubre por estratos de densidad | 158 |
| Tabla 5.63. Valores mensuales de CC en cerezo y guindo por estratos de densidad | 158 |
| Tabla 5.64. Valores mensuales de CC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por estratos de densidad | 158 |
| Tabla 5.65. Valores promedio de los parámetros de CC en ciruelo entre mayo y octubre por estratos de densidad | 159 |
| Tabla 5.66. Valores mensuales de CC en ciruelo por estratos de densidad | 159 |
| Tabla 5.67. Valores mensuales de CC en ciruelo con cubierta vegetal por estratos de densidad | 159 |
| Tabla 5.68. Valores promedio de los parámetros de CC en olivo por estratos de densidad | 162 |
| Tabla 5.69. Valores promedio de los parámetros de CC en olivo . tras la poda por estratos de densidad | 162 |
| Tabla 5.70. Valores mensuales de CC en olivo por estratos de densidad | 163 |
| Tabla 5.71. Valores de precipitación (P), evapotranspiración (ETP), Reserva hídrica (R) y subfactor SM en el intervalo 2005-2011 | 167 |
| Tabla 5.72. Valores para las operaciones típicas en tierras de cultivo (Renard <i>et al</i> , 1996) | 171 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.73. Valores de rugosidad para condiciones de campo (Renard <i>et al</i> , 1996) | 172 |
| Tabla 5.74. Valores de SC en cereal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 202 |
| Tabla 5.75. Valores de SC en alcachofa por intervalos de pedregosidad (Pe) | 203 |
| Tabla 5.76. Valores de SC en coliflor y brócoli por intervalos de pedregosidad (Pe) | 203 |
| Tabla 5.77. Valores de SC en guisante verde por intervalos de pedregosidad (Pe) | 204 |
| Tabla 5.78. Valores de SC en judía verde por intervalos de pedregosidad (Pe) | 205 |
| Tabla 5.79. Valores de SC en haba por intervalos de pedregosidad (Pe) | 205 |
| Tabla 5.80. Valores de SC en lechuga y escarola por intervalos de pedregosidad (Pe) | 206 |
| Tabla 5.81. Valores de SC en col y repollo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 206 |
| Tabla 5.82. Valores de SC en tomate por intervalos de pedregosidad (Pe) | 207 |
| Tabla 5.83. Valores de SC en pimiento por intervalos de pedregosidad (Pe) | 208 |
| Tabla 5.84. Valores de SC en zanahoria con pedregosidad (Pe) entre 20-30% | 208 |
| Tabla 5.85. Valores de SC en cebolla por intervalos de pedregosidad (Pe) | 209 |
| Tabla 5.86. Valores de SC en remolacha azucarera por intervalos de pedregosidad (Pe) | 209 |
| Tabla 5.87. Valores de SC en girasol por intervalos de pedregosidad (Pe) | 210 |
| Tabla 5.88. Valores de SC en colza por intervalos de pedregosidad (Pe) | 210 |
| Tabla 5.89. Valores de SC en cultivos forrajeros por intervalos de pedregosidad (Pe) | 210 |
| Tabla 5.90. Valores de SC en patata por intervalos de pedregosidad (Pe) | 211 |
| Tabla 5.91. Valores de SC en viñedo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 212 |
| Tabla 5.92. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de fruto seco | 213 |
| Tabla 5.93. Valores de SC en almendro con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 214 |
| Tabla 5.94. Intervalos de SC en almendro con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 215 |
| Tabla 5.95. Valores de SC en almendro con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 215 |
| Tabla 5.96. Intervalos de SC en almendro con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 215 |
| Tabla 5.97. Valores de SC en nogal con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 216 |
| Tabla 5.98. Intervalos de SC en nogal en laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 216 |
| Tabla 5.99. Valores de SC en nogal con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 217 |
| Tabla 5.100. Intervalos de SC en nogal con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 217 |
| Tabla 5.101. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de pepita | 218 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.102. Valores de SC en peral con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 219 |
| Tabla 5.103. Intervalos de SC en peral con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 219 |
| Tabla 5.104. Valores de SC en manzano con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 220 |
| Tabla 5.105. Intervalos de SC en manzano con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 220 |
| Tabla 5.106. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de hueso | 220 |
| Tabla 5.107. Valores de SC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 222 |
| Tabla 5.108. Intervalos de SC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 222 |
| Tabla 5.108. Intervalos de SC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 222 |
| Tabla 5.109. Valores de SC en melocotonero y nectarino con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 222 |
| Tabla 5.110. Intervalos de SC en melocotonero y nectarino en laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 223 |
| Tabla 5.111. Valores de SC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 223 |
| Tabla 5.112. Intervalos de SC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 224 |
| Tabla 5.113. Valores de SC en cerezo y guindo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 224 |
| Tabla 5.114. Intervalos de SC en cerezo y guindo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 225 |
| Tabla 5.115. Valores de SC en ciruelo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 225 |
| Tabla 5.116. Intervalos de SC en ciruelo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe) | 226 |
| Tabla 5.117. Valores de SC en ciruelo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 226 |
| Tabla 5.118. Intervalos de SC en ciruelo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 226 |
| Tabla 5.119. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en olivar | 227 |
| Tabla 5.120. Valores de SC en olivo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 228 |
| Tabla 5.121. Intervalos de SC en olivo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe) | 229 |
| Tabla 5.122. Cantidad de residuo neto de poda en superficie | 229 |
| Tabla 5.123. Valores de SC en olivo con cubierta por intervalos de pedregosidad (Pe) | 229 |
| Tabla 5.124. Intervalos de SC en olivo con cubierta por intervalos de pedregosidad (Pe) | 230 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.125. Intervalos de valores del factor C en la Zona 1 | 233 |
| Tabla 5.126. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 1 | 233 |
| Tabla 5.127. Intervalos de valores del factor C en la Zona 2 | 236 |
| Tabla 5.128. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 2 | 236 |
| Tabla 5.129. Intervalos de valores del factor C en la Zona 3 | 238 |
| Tabla 5.130. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 3 | 238 |
| Tabla 5.131. Intervalos de valores del factor C en la Zona 4 | 241 |
| Tabla 5.132. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 4 | 241 |
| Tabla 5.133 Intervalos de valores del factor C en la Zona 5 | 244 |
| Tabla 5.134. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 5 | 244 |
| Tabla 5.135. Intervalos de valores del factor C en la Zona 6 | 246 |
| Tabla 5.136. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 6 | 246 |
| Tabla 5.137. Intervalos de valores del factor C en la Zona 7 | 249 |
| Tabla 5.138. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 7 | 249 |
| Tabla 5.139. Intervalos de valores del factor C en la Zona 8 | 252 |
| Tabla 5.140. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 8 | 252 |
| Tabla 5.141. Intervalos de valores del factor C en la Zona 9 | 254 |
| Tabla 5.142. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 9 | 254 |
| Tabla 5.143. Intervalos de valores del factor C en la Zona 10 | 257 |
| Tabla 5.144. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 10 | 257 |
| Tabla 5.145. Intervalos de valores del factor C en la Zona 11 | 259 |
| Tabla 5.146. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 11 | 259 |
| Tabla 5.147. Intervalos de valores del factor C en la Zona 12 | 261 |
| Tabla 5.148. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 12 | 261 |
| Tabla 5.149. Intervalos de valores del factor C en la Zona 13 | 263 |
| Tabla 5.150. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 13 | 263 |
| Tabla 5.151. Intervalos de valores del factor C en la Zona 14 | 266 |
| Tabla 5.152. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 14 | 266 |
| Tabla 5.153. Intervalos de valores del factor C en la Zona 15 | 268 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.154. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 15 | 269 |
| Tabla 6.1. Valores del factor P en terrenos agrícolas (Wischmeier y Smith, 1978) | 275 |
| Tabla 6.2. Superficie cultivada en campos llanos | 277 |
| Tabla 6.3. Superficie cultivada por intervalo de pendientes | 279 |
| Tabla 6.4. Características de las superficies abancaladas | 281 |
| Tabla 6.5. Distribución de las técnicas de mantenimiento del suelo en La Rioja. Fuente: ESYRCE (2011) | 285 |
| Tabla 6.6. Dirección del laboreo en el espacio agrícola riojano | 288 |
| Tabla 6.7. Dirección del laboreo en los cultivos | 290 |
| Tabla 6.8. Dirección del laboreo en los cultivos por intervalos de pendiente | 294 |
| Tabla 6.9. Valores y superficie del factor P de Wischmeier y Smith (1978) | 296 |
| Tabla 7.1. Clasificación de los valores de pérdida de suelos (según Bosco <i>et al</i> , 2008) | 300 |
| Tabla 7.2. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 1 | 304 |
| Tabla 7.3. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 1 | 304 |
| Tabla 7.4. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 2 | 308 |
| Tabla 7.5. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 2 | 309 |
| Tabla 7.6. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 3 | 312 |
| Tabla 7.7. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 3 | 313 |
| Tabla 7.8. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 4 | 317 |
| Tabla 7.9. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 4 | 318 |
| Tabla 7.10. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 5 | 321 |
| Tabla 7.11. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 7 | 321 |
| Tabla 7.12. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 6 | 324 |
| Tabla 7.13. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 6 | 324 |
| Tabla 7.14. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 7 | 327 |
| Tabla 7.15. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 7 | 328 |
| Tabla 7.16. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 8 | 331 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 7.17. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 8 | 332 |
| Tabla 7.18. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 9 | 335 |
| Tabla 7.19. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 9 | 335 |
| Tabla 7.20. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 10 | 338 |
| Tabla 7.21. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 10 | 338 |
| Tabla 7.22. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 11 | 340 |
| Tabla 7.23. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 11 | 341 |
| Tabla 7.24. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 12 | 344 |
| Tabla 7.24. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 12 | 344 |
| Tabla 7.25. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 12 | 344 |
| Tabla 7.26. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 13 | 347 |
| Tabla 7.27. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 13 | 347 |
| Tabla 7.28. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 14 | 350 |
| Tabla 7.29. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 14 | 350 |
| Tabla 7.30. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 15 | 353 |
| Tabla 7.31. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 15 | 354 |
| | |
| Gráfico 2.1. Distribución de la superficie de los grupos de cultivos | 26 |
| Gráfico 5.1. Intervalos de pendiente en el área de estudio | 105 |
| Gráfico 5.2. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de fruto seco | 147 |
| Gráfico 5.3. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de pepita | 155 |
| Gráfico 5.4. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de hueso | 156 |
| Gráfico 5.5. Estratos de densidad (árboles/ha) en olivo | 162 |
| Gráfico 5.6. Parámetros de SC en cereal de grano | 173 |
| Gráfico 5.7. Parámetros de SC en alcachofa | 174 |
| Gráfico 5.8. Parámetros de SC en coliflor y brócoli | 175 |
| Gráfico 5.9. Parámetros de SC en guisante verde | 176 |
| Gráfico 5.10. Parámetros de SC en judía verde | 177 |

| | |
|--|---------|
| Gráfico 5.11. Parámetros de SC en haba | 178 |
| Gráfico 5.12. Parámetros de SC en lechuga y escarola | 179 |
| Gráfico 5.13. Parámetros de SC en col y repollo | 180-181 |
| Gráfico 5.14. Parámetros de SC en tomate | 182 |
| Gráfico 5.15. Parámetros de SC en pimiento | 183 |
| Gráfico 5.16. Parámetros de SC en zanahoria | 184 |
| Gráfico 5.17. Parámetros de SC en cebolla | 185 |
| Gráfico 5.18. Parámetros de SC en remolacha azucarera | 186 |
| Gráfico 5.19. Parámetros de SC en girasol | 187 |
| Gráfico 5.20. Parámetros de SC en colza | 188 |
| Gráfico 5.21. Parámetros de SC en cultivos forrajeros | 189 |
| Gráfico 5.22. Parámetros de SC en patata | 190 |
| Gráfico 5.23. Parámetros de SC en viñedo | 192 |
| Gráfico 5.24. Parámetros de SC en frutales de fruto seco | 194 |
| Gráfico 5.25. Parámetros de SC en frutales de pepita | 195 |
| Gráfico 5.26. Parámetros de SC en frutales de hueso con cubierta vegetal | 196 |
| Gráfico 5.27. Parámetros de SC en frutales de hueso en laboreo mínimo | 197 |
| Gráfico 5.28. Parámetros de SC en olivo | 198 |
| | |
| Fig 3.1. Esquema del modelo RUSLE | 32 |
| Fig 3.2. Identificación de las parcelas y su posterior implementación en SIG | 35 |
| Fig 3.3. Almacigos de hortalizas | 37 |
| Fig 3.4. Masa radical de una plántula de tomate | 37 |
| Fig 3.5. Medición del dosel de una finca de olivo tras la poda (Villamediana de Iregua) | 37 |
| Fig 3.6. Finca de cerezo extensivo en floración (Cervera del río Alhama) | 38 |
| Fig 3.7. Primeras hojas de la vid en el mes de mayo (Villar de Torre) | 38 |
| Fig 4.1. Isolíneas del Factor de Fournier. Escala: 1: 1.000.000 (ICONA, 1988) | 45 |
| Fig 4.2. Nomograma de Wischmeier y Smith (1978) | 58 |
| Fig 5.1. Histograma del factor topográfico | 106 |
| Fig 5.2. Gráfico para el cálculo del subfactor CC (Wischmeier y Smith, 1978) | 132 |
| | |
| Foto 5.1. Plantación de almendro de alta densidad (Arnedo) | 149 |
| Foto 5.2. Plantación de peral intensivo (Villamediana de Iregua) | 153 |
| Foto 5.3. Plantación de peral de baja densidad (Villamediana de Iregua) | 153 |
| Foto 5.4. Plantación de cerezo de baja densidad (Nalda) | 160 |
| Foto 5.5. Plantación de melocotonero de baja densidad (Logroño) | 160 |
| Foto 5.6. Plantación de olivo extensivo (Logroño) | 163 |
| Foto 5.7. Plantación de olivo superintensivo (Villamediana de Iregua) | 163 |

| | |
|--|-----|
| Foto 6.1. Campo llano de cereal (Villamediana de Iregua) | 281 |
| Foto 6.2. Campo en pendiente cultivado con viñedo (Nalda) | 282 |
| Foto 6.3. Superficies abancaladas con almendro y olivo (Cornago) | 282 |
| Foto 6.4. Parcela de viñedo en laboreo mínimo (Logroño) | 286 |
| Foto 6.5. Parcela de cereal bajo laboreo tradicional (Villamediana de Iregua) | 287 |
| Foto 6.6. Cubierta vegetal espontánea en cerezo (Albelda de Iregua) | 287 |
| Foto 6.7. Finca de olivo sin mantenimiento o en régimen de no laboreo (Villamediana de Iregua) | 288 |
| Foto 6.8. Viñedo con marco de plantación y laboreo en el sentido de la pendiente (Ausejo) | 291 |
| Foto 6.9. Parcela de cereal cosechada en el sentido de la pendiente (Badarán) | 292 |
| Foto 6.10. Parcela de cereal cosechada en dirección transversal a la pendiente (Logroño) | 292 |
| Foto 6.11. Viñedo con marco de plantación y laboreo transversal a la pendiente (Logroño) | 293 |
| Foto 6.12. Campo llano de cereal cosechado (Villamediana de Iregua) | 293 |

1. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es uno de los principales indicadores de la degradación de los ecosistemas, con importantes implicaciones ambientales y socioeconómicas que pueden conducir a la desertificación de las zonas más vulnerables. Los factores que controlan los distintos procesos erosivos dependen de la compleja interacción de fenómenos climáticos, litológicos, topográficos, edáficos y antropogénicos de naturaleza muy variada (García Ruiz y López Bermúdez, 2009). Además de los factores ambientales, muchos autores insisten en relacionar la mayoría de los procesos de erosión con las actividades humanas (Romero Díaz *et al*, 1998).

Una de estas actividades es la agricultura. Desde la antigüedad más remota, las comunidades humanas han funcionado como agentes modeladores del paisaje, especialmente activos en espacios áridos y semiáridos, caracterizados por soportar usos agropecuarios de tipo extensivo de forma ininterrumpida durante siglos. Los espacios agrícolas mediterráneos son especialmente sensibles a la erosión. Estos se caracterizan por un régimen de precipitaciones anuales escaso, con valores que oscilan entre 300-600 mm, altas temperaturas estivales, que dificultan el desarrollo de una cubierta vegetal protectora, y frecuentes eventos de alta intensidad concentrados en un corto intervalo de tiempo, lo que favorece la existencia de suelos vulnerables a la degradación por erosión hídrica. En este sentido, los meses inmediatamente posteriores a la siembra y los siguientes a la cosecha, que, por lo general, suelen coincidir con las precipitaciones más abundantes de primavera y las tormentas de verano, constituyen el periodo más crítico para sus espacios agrícolas.

Para la agricultura mediterránea la erosión hídrica es un problema de especial importancia puesto que los resultados de los procesos erosivos se traducen en la pérdida de suelos fértiles, la reducción del espesor de los perfiles edáficos y la merma de los contenidos en materia orgánica y nutrientes (De Alba *et al*, 2011), factores todos ellos que, en definitiva, suponen la disminución de la productividad agrícola. El volumen de sedimento desalojado en las parcelas contribuye a colmatar acequias y canales, con la consiguiente perturbación de la capacidad de riego y la reactivación de los procesos erosivos (Lasanta, 2003). Por otra parte, en muchos casos los agricultores desconocen las consecuencias que una incorrecta gestión de las explotaciones supone sobre la degradación de los suelos y la pérdida de su potencial productivo (Knapen *et al*, 2007).

La labranza convencional, el laboreo en el sentido de la pendiente, la puesta en cultivo de laderas con pendientes acusadas que sobrepasan el límite recomendable para cualquier tipo de cultivo (Lasanta *et al*, 1994), y la utilización de marcos de plantación amplios siguen siendo prácticas de uso generalizado entre los agricultores. Además, y como señalan Martínez Casasnovas y Ramos (2009), la mayor tecnificación en el espacio agrario y el rediseño de la mayoría de las explotaciones han supuesto la desaparición de muchas de las medidas tradicionales de conservación de suelos, reactivando los diferentes tipos de procesos erosivos.

A pesar de la gravedad que reviste la pérdida de suelos en terrenos agrícolas, y de la importancia económica de la agricultura en España, parece existir un importante déficit de estudios sobre este tema. A nivel nacional, Cerdà (2002) señala que no se han realizado muchos estudios sobre la erosión en tierras de cultivo. En el caso del viñedo, destacan los trabajos de Ramos y Porta (1997) y Martínez Casasnovas y Sánchez Bosch (1997). De Santisteban *et al* (2006) estudian 19 pequeñas cuencas cultivadas con viñedo y cereal. Los resultados demostraron que las tasas de pérdida de suelos en viñedo ($0,33-16,19 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) fueron más elevadas que las detectadas en cereal ($0,2-11-5 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), factor que los autores atribuyen al menor porcentaje de superficie cubierta anual. Por su parte, el impacto de las precipitaciones extremas fue analizado por Ramos y Martínez-Casasnovas (2009), quienes determinaron que uno o dos eventos anuales de gran energía e intensidad pueden ser responsables del 75% de la erosión de suelos y pérdida de nutrientes. En relación con la pérdida de suelos de viñedo en cárcavas y barrancos, Martínez-Casasnovas y Ramos (2009) midieron mediante teledetección los porcentajes de superficie afectadas por estos procesos así como la tasa media anual de erosión en viñedos del Penedès. Los resultados revelaron que la erosión por barrancos es muy activa en la zona, afectando al 15,2% de la superficie, y con una tasa de erosión neta entre $58-576 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que representa 2,78 veces la erosión producida por eventos extremos en suelos de vid. Una aproximación diferente, a través de marcadores botánicos, fue desarrollada en Navarra por Casalí *et al* (2009) con el objetivo de determinar tasas de erosión a largo plazo en viñedos de diferente edad. Así se observó que la producción de sedimentos fue más elevada en cepas recién plantadas ($5 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), siendo la media de $3 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, ambos valores por encima del umbral de tolerancia de pérdida de suelos.

En estudios llevados a cabo en España en campos de cereal, López Bermúdez *et al* (2000) comprobaron que las mayores pérdidas de suelo en el campo experimental de Rambla Salada (Murcia) se debían a la combinación de inadecuadas prácticas de gestión de los suelos y el posterior abandono de los campos de cultivo. Por su parte, De Alba (2002), en la finca experimental de La Higuera (Toledo), atribuye la elevada intensidad de pérdida de suelo a las prácticas de laboreo convencional al mismo tiempo que destaca el papel protector de las cubiertas vegetales y el rastrojo dejado por la cosecha anterior, que contribuyen a reducir de forma drástica las pérdidas de suelo. Un año más tarde, De Alba *et al* (2003) demostraron la fragilidad de los cultivos cerealistas frente a los manejos y prácticas desfavorables al obtener tasas de $6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en parcelas con laboreo convencional y $3,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en parcelas de no-laboreo. Además, el desarrollo de una cubierta de hierbas adventicias en parcelas abandonadas dio lugar a coeficientes de escorrentía y tasas de erosión prácticamente nulos.

El transporte de sedimentos en campos de regadío con un mosaico de cultivos muy variados (cereal, arroz, forrajeras, hortalizas, girasol y maíz) fue analizado por Lasanta *et al* (2001) en un polígono cercano a Ejea de los Caballeros (Zaragoza), registrando una tasa de pérdida de suelos de $15,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, el 98,6% de los cuales correspondieron a solutos y el 1,4% a sedimento en suspensión.

En olivar, a los trabajos de Giráldez *et al* (1989) y Gómez *et al* (2003) hay que añadir el estudio de Francia *et al* (2000) comparando técnicas de laboreo en olivares instalados en pendientes. Este estudio confirmó que las tasas de pérdida de suelos en parcelas de no-laboreo fueron 12,4 veces superior a las registradas en laboreo convencional. En la misma línea, Gómez *et al* (2004) obtuvieron tasas de erosión de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en olivos con cubierta vegetal, mientras bajo labranza tradicional el valor se incrementaba hasta $4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, siendo la técnica de no-laboreo, con valores de $8,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, la más favorable a desencadenar procesos de degradación.

En almendro, Durán *et al* (2012) analizaron la efectividad de tres tipos de cobertura en la reducción de las tasas de pérdida de suelo y la génesis de escorrentía, comprobando que éstas fueron notablemente inferiores en las cubiertas perennes en contraste con las registradas en veza. Asimismo concluyeron que la asociación de leñosos y franjas vegetales, además de reducir la energía cinética de las precipitaciones y proteger al suelo de la erosión, ofrece una serie de mejoras en la calidad y propiedades del suelo.

Para una gestión del territorio que considere la sostenibilidad de los sistemas y prácticas agrícolas es necesaria una estimación de las tasas de erosión y degradación de los suelos. De hecho, y en palabras de López Bermúdez (2002), los suelos agrícolas son los que presentan las características más favorables para generar procesos de erosión, por lo que la investigación en torno a las causas y consecuencias que pueden provocar las pérdidas de suelo se hace prioritaria.

En La Rioja, la actividad agraria tiene una gran relevancia socioeconómica y cultural. Según el Censo Agrario de 2011. La Rioja tiene una superficie agrícola de 157.833 hectáreas, que equivalen al 31,28% de la superficie regional. De acuerdo con los datos reflejados en los Indicadores Económicos Generales de 2011, el peso de la agricultura en la economía regional representó el 6,1% del Valor Añadido Bruto (VAB) a precios corrientes, una aportación muy superior a la registrada a nivel nacional, del 2,1%. De hecho, las ganancias del sector agrícola fueron de 393.999,95 € (Coyuntura Agraria 2011), con un incremento de 4,2% respecto al año anterior. Por otra parte, y tomando como referencia el Valor Añadido Bruto a precios de mercado (VABpb), el sector agricultura, ganadería, silvicultura y pesca aporta porcentualmente en la región el 4,8%, casi el doble que el mismo sector a nivel nacional (2,5%), lo que pone de manifiesto la clara vocación agrícola de la comunidad riojana.

Sin embargo, a pesar de la importancia de la actividad agrícola, existen muy pocos estudios sobre el diagnóstico del grado de degradación de suelos en el espacio agrario riojano. Lasanta (2003) atribuye este hecho a la dificultad de instalar sistemas de medición en parcelas cultivadas por interferir con la actividad agrícola, y a la gran variedad de cultivos y sistemas de laboreo que entorpecen la toma de información.

Entre los estudios de carácter general sobre la erosión en los suelos agrícolas de La Rioja se encuentran el Mapa de Estados Erosivos por cuencas hidrográficas elaborado por el ICONA entre 1987 y 1994, y el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, elaborado por provincias, que promueve el Ministerio de Medio Ambiente. Ambos proyectos, aplicando la metodología USLE/RUSLE, pusieron de manifiesto la importancia de la degradación del suelo en los espacios agrícolas, ya que cerca del 75% de las pérdidas de suelo tienen lugar en las parcelas de cultivos herbáceos, viñedos y árboles frutales (De Alba *et al*, 2005). Igualmente el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND), con el objetivo de prevenir o mitigar la degradación de los suelos de las zonas áridas y semiáridas, estimó que el 8,25% de la superficie

regional se encuentra en riesgo medio o alto de desertificación, valor que, no obstante, es muy inferior a la media nacional de 16,45%.

En cualquier caso, sí existen estudios específicos. Así Lasanta y Sobrón (1988) analizaron el papel que tienen las diferentes prácticas de laboreo sobre la génesis o el freno de los procesos erosivos en viñedo, demostrando que las tasas más elevadas se corresponden con parcelas labradas en el sentido de la pendiente y los suelos de texturas más finas. En la misma línea, Ruiz Flaño *et al* (2006) utilizaron la simulación de lluvia para analizar la dinámica hidromorfológica en laderas cultivadas con viñedo, valorando así la influencia que sobre la pérdida de suelos tienen distintos parámetros (intensidad de las precipitaciones, energía de la tormenta, resistencia del suelo, escorrentía, pedregosidad). Estos mismos autores realizaron una cartografía detallada de procesos geomorfológicos en un viñedo tras una tormenta de elevada intensidad, mostrando que los procesos de sedimentación y el arroyamiento laminar son los más abundantes en esta situación. Utilizando la misma metodología de simulación de lluvia, Arnáez *et al* (2007) mostraron la eficacia del contenido en pedregosidad del suelo en la reducción de las tasas de erosión en viñedos. En el caso de los regadíos, García Ruíz *et al* (1997) estudiaron los procesos de sufosión que el riego por inundación desencadena en parcelas cultivadas con alfalfa.

Faltan, sin embargo, estudios que aborden con carácter regional la erosión de las tierras de cultivo riojanas. Sería muy interesante disponer de información sobre la generación de sedimentos en los suelos agrícolas de esta región para comprender la relación de los factores climáticos, topográficas, edáficas y culturales con la dinámica de los procesos erosivos. A esta escala de trabajo se reducen las opciones metodológicas para abordar este tema, considerando la diversidad de cultivos, los pequeños matices de las prácticas de laboreo en cada zona, la amplitud del espacio dedicado a los mismos en La Rioja y la escasez de datos reales con los que trabajar.

Los modelos empíricos presentan una amplia aplicabilidad en investigaciones a pequeña escala, en las que existen lagunas de información por el difícil acceso a los datos o la inexistencia de los mismos, como 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 la RUSLE (Renard *et al*, 1996) goza de una alta aceptación entre los estudiosos y ha sido empleada en gran número de investigaciones para estimar la erosión del suelo a largo plazo. La versión inicial de este modelo, la USLE, fue ideada

en 1978 por Wischmeier y Smith para predecir la erosión anual ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en regueros y entre regueros en pequeñas áreas agrícolas y pastos situados en ladera, así como para estimar la eficiencia de las medidas de gestión y protección de los suelos. La fórmula se basa en el cómputo de cinco factores: erosividad de las precipitaciones (factor R), erodibilidad de los suelos (factor K), longitud e inclinación de la ladera (factor LS), cubierta vegetal (factor C) y prácticas de conservación (factor P); expresados en la siguiente ecuación:

$$A = R * K * LS * C * P$$

El modelo RUSLE es la versión revisada y actualizada de la metodología de Wischmeier y Smith realizada por Renard *et al* (1996). RUSLE emplea la misma fórmula que la propuesta por Wischmeier y Smith, si bien incorpora nuevos aspectos y mejoras para estimar cada uno de los parámetros. La mayor modificación se produce en el cálculo del factor C, para el cual se propone determinar cinco subfactores previos: PLU (subfactor de uso previo de la tierra), CC (subfactor de cubierta vegetal aérea), SR (subfactor de rugosidad superficial), SC (subfactor de cubierta superficial) y SM (subfactor de humedad del suelo). Asimismo, se proponen nuevas fórmulas para estimar el factor LS en función de la longitud de la pendiente y se consideran nuevas prácticas de conservación para el factor P.

Algunos de los primeros trabajos basados en la metodología USLE/RUSLE fueron realizados por López Bermúdez y Gutiérrez Escudero (1982) para comparar las tasas de sedimento estimadas por USLE con batimetrías de ocho embalses en la cuenca del Segura, resultando ser los primeros más elevados ($27,1-69,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que los reconocimientos batimétricos ($3,8-13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). En opinión de García Ruiz y López Bermúdez (2009) el modelo USLE no resulta adecuado para predecir el aterramiento en embalses, si bien resulta útil para detectar las áreas más susceptibles a los procesos de erosión a escala de cuenca. En este caso, Roldán Soriano y Gómez Sanz (2003) evaluaron los factores que intervienen en la degradación del suelo por erosión hídrica en la cuenca del río Segura (Segovia), obteniendo una tasa promedio de $4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, valores que son mucho más elevados en laderas con escasa cubierta vegetal y elevada pendiente ($>50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). En Italia, Borrelli *et al* (2014) identificaron mediante RUSLE los sectores más vulnerables a los procesos de erosión en la cuenca de

Turano (Apeninos Centrales), alcanzando valores de $32,32 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que hacen de este sector una de las cuencas más erosivas de Italia.

Los efectos erosivos como consecuencia del abandono de tierras de cultivo en agroecosistemas mediterráneos fueron estudiados por López Vicente *et al* (2011) en la cuenca de Arnás (Pirineos), quienes obtuvieron una pérdida promedio de $2,63 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Sin embargo la distribución espacial de los procesos erosivos fue muy variable, con un claro dominio de las tasas de erosión más bajas (entre $0-1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), presentes en el 93,4% de la superficie de la cuenca. Por el contrario las zonas afectadas por las tasas más elevadas ($22-97 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), que incluso sobrepasan el límite de tolerancia a la erosión ($> 12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), solo representan al 5% del espacio. Estos espacios se corresponden con laderas sin cubierta vegetal, caminos, taludes y depósitos aluviales desprovistos de vegetación.

También en espacios cultivados se han cuantificado las pérdidas de suelo en explotaciones y sistemas de manejo muy diferentes, resultando de especial interés para esta investigación aquellos que tienen como marco espacial el área mediterránea. Así el trabajo de Giráldez *et al* (1989), citado por Solè Benet (2006) y García Ruiz y López Bermúdez (2009), en cultivos de secano explotados con técnicas de laboreo mínimo estimó pérdidas de suelo entre $46-70 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, siendo el valor mucho más reducido en parcelas con ausencia de laboreo, a excepción del olivar ($76,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). En la misma línea, Gómez *et al* (2003) compararon la efectividad de los diferentes sistemas de manejo para reducir las tasas de erosión en olivos con una pendiente de 13%. Los valores obtenidos a partir de diferentes simulaciones confirmaron que las pérdidas de suelo en el sistema de cubiertas vegetales ($2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) eran muy inferiores a las documentadas en laboreo convencional y no-laboreo ($13,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

El papel de la viticultura intensiva en la degradación de los suelos fue estudiado por Martínez Casanovas y Sánchez Bosch (1997) en viñedos del Penedès (Cataluña), quienes comprobaron que, en las tres últimas décadas, la transformación de los cultivos de vid tradicionales en plantaciones modernas y los cambios en las prácticas de conservación han incrementado notablemente la tasa de pérdida de suelos. Así, en 1957 el 10.8% de los suelos registraron pérdidas superiores a $100 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que en 1992 el porcentaje había aumentado hasta el 25%. En la misma zona, Ramos y Porta (1997) confirmaron que las condiciones climáticas mediterráneas, caracterizadas por eventos lluviosos de alta intensidad, resultan en unas pérdidas de suelo muy elevadas

para el viñedo. Las tres parcelas experimentales, con una pendiente media de 6-8 %, obtuvieron unos valores de erosión entre 18,8-27,8 Mg ha⁻¹ año⁻¹, valores situados por encima del umbral de tolerancia (T-value) establecido en 11 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

En las montañas del Rif (Marruecos), Sadiki *et al* (2004) obtuvieron en campos en ladera (15-20% de pendiente) cultivados con cereal unos valores superiores a 37,12 Mg ha⁻¹ año⁻¹, concluyendo que, por orden de importancia, los factores más decisivos en el desencadenamiento de la erosión hídrica son la fragilidad de los suelos y el porcentaje de cobertura vegetal. En el mismo sector y años más tarde, El Aroussi *et al* (2011) demostraron que, ante condiciones litológicas similares (margas de textura fina), las pérdidas de suelo alcanzaban valores muy superiores en espacios cultivados con cereal (41,62 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y olivo (49,19 Mg ha⁻¹ año⁻¹), siendo menores las tasas en tierras de regadío (19,57 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Las zonas de badland arrojaron valores de 150,67 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

En Sicilia (Italia), Onori *et al* (2006) obtuvieron en una cuenca con un 73% de uso agrícola una tasa de erosión promedio de 95,13 Mg ha⁻¹ año⁻¹, datos que posteriormente fueron validados con ¹³⁷Cs y batimetría de embalses, demostrando una buena correlación entre los resultados. Por otra parte, los valores más espectaculares documentados en el área mediterránea se obtuvieron en la prefectura de Chania, en la isla de Creta (Grecia). La investigación desarrollada por Kouli *et al* (2008) en nueve cuencas con diferentes usos de suelo, entre ellos tierras de cultivo, obtuvo unos valores medios comprendidos entre 77,17-205,46 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Sin embargo es importante reseñar que la carencia de datos para computar los factores R, C, K y P obligó a los autores a utilizar fórmulas alternativas e imágenes de satélite, de ahí que los valores obtenidos sean tan elevados.

El creciente interés que suscita en China la degradación de los suelos, así como el intento por comprender el funcionamiento y el control de los paisajes erosionados ha incentivado, en los últimos años, la publicación de investigaciones de gran interés. Así, Fu *et al* (2004) calcularon la pérdida de suelos anual de la gran cuenca del Yanhe (7.725 km²), una región de clima semiárido y suelos limosos fácilmente erosionables, estimándose el valor de erosión promedio en 14.45 Mg km⁻² año⁻¹. En el mismo año, Shi *et al* (2004) publicaron un trabajo similar, esta vez realizado en una pequeña cuenca al noroeste de la presa de las Tres Gargantas, en la que se cultivan herbáceas (arroz, trigo y maíz), patata y naranjos. Las tasa de pérdida de suelo anual fue de 26 Mg ha⁻¹

año⁻¹, localizándose los valores más altos (52 Mg ha⁻¹ año⁻¹) en laderas cultivadas. Mucho más reciente es el trabajo de Xu *et al* (2013) en la Bahía de Bohai, sector que comprende los importantes centros económicos de Beijing y Tianjin, y las provincias de Hebei, Liaoning y Shandong. El estudio, que analizó el riesgo erosivo de diferentes escenarios de probabilidad de lluvias intensas, determinó que la época estival es la más sensible a sufrir procesos de erosión hídrica, si bien las tasas registradas en el mes de julio son superiores a las de septiembre. En este caso los autores señalan que las prácticas de control y las cubiertas vegetales densas son dos factores fundamentales a tener en cuenta en futuros trabajos de conservación de suelos.

En México, Millward y Mersey (1999) aplicaron el modelo en una cuenca de la Sierra de Manantlán, un sector de clima tropical con un rango de precipitaciones anual entre 903-1169 mm en el que se cultiva maíz en sistema de labranza tradicional. Los resultados mostraron notables diferencias entre las tasas de erosión potencial obtenidas en la temporada seca, donde el 87% del territorio registra tasas mínimas (0-1 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y bajas (1-10 Mg ha⁻¹ año⁻¹); y la temporada de lluvias, donde el 52% del espacio se ve afectado por ratios bajos (1-10 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y moderados (10-30 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y el 29% por tasas altas (30-100 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y extremas (>100 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Como indican García Ruiz y López Bermúdez (2009) gran parte de la erosión que afecta a distintos ambientes tiene que ver directa o indirectamente con la deforestación, ya que la vegetación es el mejor factor de control frente a la erosión con independencia de la pendiente o la resistencia de los suelos. Así pues, los ecosistemas forestales también han sido objeto de estudio con metodología RUSLE. En una ladera deforestada con un 90% de suelo desnudo en los Apeninos Centrales (Italia), Borrelli y Schütt (2013) detectaron un sustancial aumento de los procesos geomorfológicos y estimaron la erosión potencial en 46,6 Mg ha⁻¹ año⁻¹, valor considerado muy por encima del umbral de tolerancia a la pérdida de suelos.

El efecto de las diferentes prácticas conservacionistas fue estudiado por Nyakatawa *et al* (2001), quienes comprobaron que los sistemas de cubiertas vegetales y la práctica de laboreo mínimo contribuían a reducir un 50% las tasas de erosión en parcelas cultivadas con algodón. En el sector central de la Península Ibérica, Boellstorf y Benito (2005) estudiaron el impacto que las reformas de la PAC tenían sobre las prácticas agrícolas, demostrando que el uso de técnicas menos intensivas aliviaba la presión sobre los suelos arables y disminuía el riesgo erosivo. Por su parte, en la región italiana de Calabria,

Terranova *et al* (2009), tomando como punto de partida cuatro escenarios hipotéticos de actuación, determinaron que algunas prácticas culturales como el laboreo mínimo, la eliminación de la quema controlada de rastrojo y la utilización de cubiertas vegetales contribuyen a reducir notablemente las tasas de erosión, pasando de $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ a $12,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En la cuenca de Estaña (Pirineos), López Vicente y Navas (2009) demostraron que las tasas de erosión en zonas con vegetación natural resultaron ser cuatro veces más bajas que las tasas registradas en campos cultivados sobre suelos arcillosos ($8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

La utilización de los procedimientos de cálculo de factores individuales del modelo RUSLE no es un recurso infrecuente entre los investigadores. Así, en Sevilla, Tejada y González (2006) analizaron la relación entre el factor K de RUSLE y los datos obtenidos con simulador de lluvias en suelos estercolados con compost triturado. Los resultados demostraron que la erodibilidad de los suelos podía verse afectada tanto por los nutrientes como por los cambios en las prácticas de manejo agrícola. De igual manera, Vaezi y Sadeghi (2011) se valieron del factor K para estimar la erodibilidad de los suelos en una región semiárida de Irán.

Por su parte, Angulo y Beguería (2009) utilizaron el cómputo del factor R establecido por Wischmeier y Smith para estimar la erosividad anual de las precipitaciones en la Depresión del Ebro. Estos autores, tras comparar diversas metodologías, determinaron como mejor alternativa un modelo lineal multivariante que considerase la precipitación acumulada en los cinco días más lluviosos, la duración del intervalo más húmedo y la relación promedio entre los periodos húmedo y seco.

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, 1987-1994), realizados a escala 1:400000 por grandes cuencas hidrográficas con el objetivo de generar una cartografía que permitiera conocer, a una escala apta para la priorización de inversiones, las características de los fenómenos erosivos. Del mismo modo y tomando como antecedente inmediato los Mapas de Estados Erosivos, se puso en marcha el 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. La realización del Inventario tenía como fin la actualización y la mejora de la metodología utilizada en los Mapas de Estados Erosivos, así como estructurar la

escala de trabajo a nivel regional. Hasta la fecha, la extensa base de datos generada a partir del estudio de los cinco tipos de erosión (laminar y en regueros, en cárcavas y en barrancos, movimientos en masa, erosión en cauces y erosión eólica) ha permitido generar una cartografía de porcentajes de suelo afectados por la erosión en 33 provincias (a falta de Burgos, Palencia, Salamanca, Segovia y Soria; y las Comunidades Autónomas de País Vasco, Castilla La-Mancha y Aragón). El análisis de los factores climáticos y topográficos que intervienen en los procesos de erosión permitió calcular las pérdidas medias de suelo por regiones y se elaboró la cartografía de niveles erosivos. Los intervalos de pérdida de suelos se consignaron en moderado ($0-10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), medio ($10-25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y alto ($>25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), siendo la provincia de Málaga, con $52,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, la que registró el valor promedio más elevado, y León el más bajo, con $2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. La Rioja, por su parte, obtuvo una tasa de $12,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Martín Fernández y Martínez Nuñez, 2012).

Sin embargo el modelo RUSLE también es un método muy discutido. Según García Ruíz y López Bermúdez (2009) sobreestima la erosión a escala de cuenca y no tiene en cuenta la sedimentación a lo largo o al pie de la ladera. De igual forma el modelo ignora la erosión en cárcavas y los movimientos en masa (Almorox *et al*, 2010). Otros autores como Cerdà (2002) y Romero *et al* (2011) señalan que este modelo tiende a sobreestimar las pequeñas pérdidas de suelo y, al contrario, a subestimar las pérdidas más elevadas.

Aún así, reconociendo los problemas de su utilización, el modelo RUSLE resulta de utilidad para localizar las áreas más susceptibles a la erosión hídrica, a determinadas escalas de trabajo, sirviendo para establecer al menos comparaciones entre cultivos y orientar sobre las medidas de manejo y protección de suelos más adecuadas.

Considerando el planteamiento realizado, los objetivos que perseguimos se basan en la identificación de las áreas más susceptibles a la erosión en las áreas de cultivo de La Rioja así como cuantificar la tasa potencial de pérdida de suelos con el objeto de implementar medidas de protección. Para contribuir al conocimiento de los aspectos anteriormente mencionados los objetivos concretos que se plantean son los siguientes:

- Conocer las características de los principales cultivos riojanos y los métodos de laboreo, teniendo en cuenta la gran heterogeneidad de ambas cuestiones.

- Estimar y cuantificar las tasas de erosión que producen los cultivos y las prácticas de laboreo en el espacio agrícola riojano.
- Analizar la incidencia sobre la pérdida de suelos de diferentes factores como la precipitación, los suelos, la cubierta vegetal, la fisiografía, los sistemas de laboreo y las prácticas de conservación.
- Elaborar una cartografía sintética de la susceptibilidad a la erosión del espacio agrícola riojano.
- Valorar la idoneidad de las prácticas empleadas y proponer medidas alternativas para la conservación de los suelos.

2. AREA DE ESTUDIO

Considerando el objetivo principal de este trabajo de investigación, el área de estudio se ha limitado al espacio agrícola riojano, concentrado prácticamente en su totalidad en la franja septentrional de la Comunidad. Salvo alguna pequeña mancha cultivada en el Sistema Ibérico, los cultivos se localizan en el tramo riojano de la Depresión del Ebro, por lo que los esfuerzos metodológicos para implementar en un SIG el Modelo RUSLE se han concentrado en este espacio. A partir de la cartografía proporcionada por el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), se pudo elaborar un mapa de usos de suelo para el año 2005. Esta cartografía fue actualizada al año 2011 con la información obtenida de la base de datos de la Oficina Virtual del Catastro y la Estadística Agraria de 2011. La superficie agraria se estimó para la etapa seleccionada en 157.833 hectáreas, el 31,5% del total de la superficie de La Rioja.

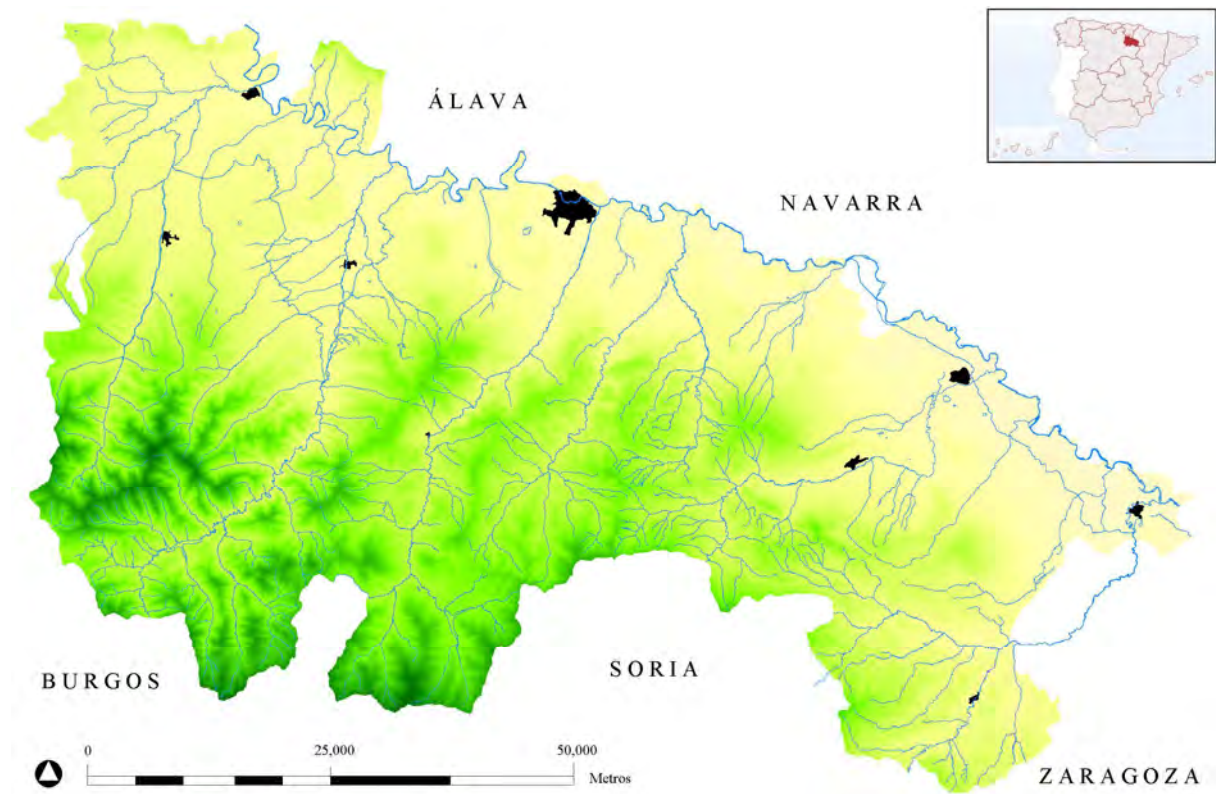
La Comunidad Autónoma de La Rioja se localiza en el sector más occidental de la Depresión del Ebro, limitando por el norte con Navarra y Álava, al oeste con Burgos, al sur con Soria y al oeste con Navarra y Zaragoza. La región, que tiene una extensión de 5.045 km², está flanqueada al norte por la Sierra 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 (Mapa 2.1).

2.1. Características generales del relieve riojano

El espacio riojano está configurado por dos grandes unidades morfoestructurales: la Depresión del Ebro, al norte, y el Sistema Ibérico, al sur. Ambas unidades están estrechamente relacionadas ya que durante el plegamiento alpino del Terciario, a medida que el Sistema Ibérico y la Sierra de Cantabria se elevaban y erosionaban, la Depresión del Ebro se hundía y se colmataba con importantes volúmenes de sedimentos de origen continental arrastrados por las corrientes torrenciales procedentes de las montañas circundantes.

Conforme estos cursos fluviales penetraban en la Depresión y perdían su energía de transporte, depositaban los sedimentos de forma ordenada según su granulometría. Así, en el contacto entre la Depresión y la sierra se localizan los materiales más groseros (gravas), que al consolidarse darán lugar a importantes volúmenes de conglomerados. En el centro de la

cuenca se depositan los sedimentos más finos (arenas, limos, arcillas y yesos). Durante el Eoceno (hace 55 millones de años), como consecuencia de la actividad tectónica de las cadenas circundantes, la Depresión del Ebro se configura como una gran cuenca endorreica de antepaís, alcanzando el relleno detrítico un espesor de 5.000-8.000 metros de potencia.



Mapa 2.1. Área de estudio

El largo periodo de deposición continental coincide con un clima de tipo desértico caracterizado por una gran aridez, momento en el cual se formaron pequeñas lagunas en las que se depositaron sales, yesos y calizas lacustres. El relleno de la Cuenca llega hasta finales del Mioceno y principios del Plioceno, hace 10 u 8 millones de años, momento en el cual la cuenca se abre paso hacia el Mediterráneo a través de una fractura en la Cordillera Costero-Catalana y comienza su progresivo vaciado.

El dispositivo sedimentario que colmató el centro de la Depresión ha propiciado el predominio de una litología detrítica con frecuentes cambios de facies. Así, según Peña y Julián (1994) los materiales aflorantes se ordenan en las Facies Haro (areniscas amarillentas

alternadas con afloramientos de lutitas y arcillas grises) y la Facies de Nájera (arcillas margosas y areniscas rojas).

La posterior instalación de los cursos fluviales cuaternarios sobre los materiales terciarios supone el desalojo y el modelado progresivo de los mismos en una serie de etapas de incisión y acumulación, que dan lugar a las formas de relieve actuales: las terrazas y los glacis (Casas Sainz *et al.*, 2001). Estas acumulaciones se disponen de manera escalonada recubriendo los piedemontes y las áreas más deprimidas de la cuenca en sucesivos niveles de granulometría muy variada.

Los glacis, que ponen en contacto a los bordes montañosos circundantes con los fondos de valle, fueron originados por la acción erosiva de cursos torrenciales, no encauzados, que depositaron sus sedimentos en las zonas más deprimidas al pie de las montañas. Presentan una pendiente relativamente suave, a modo de rampa, y una litología de rocas blandas, con distintos niveles de desarrollo y conservación. En algunos sectores pueden identificarse varios niveles de acumulación, como es el caso de los cinco niveles escalonados del interfluvio Oja-Najerilla (conjunto de glacis de Valpierre y Salinillas); y los seis comprendidos entre los valles del Najerilla y del Iregua (Dehesa de Navarrete y Larrea de Sotés). También se han generado una serie de glacis en la margen derecha del río Tirón, cuya fuerza erosiva ha provocado su retroceso hacia el sur (Gonzalo Moreno, 1981).

Por lo general, glacis y terrazas aluviales han sido los suelos más utilizados para los cultivos de la región. De hecho, se estima que más de la mitad de la superficie cultivada se localiza en estos depósitos cuaternarios. Naturalmente, terrazas y glacis son siempre favorables para la agricultura debido a su elevada fertilidad, escasa pendiente, buen drenaje, profundidad y abundancia en cantos rodados.

2.2. Los ríos de La Rioja

Entre los ríos de la región el Ebro es el más importante, no solo por la mayor superficie de su cuenca, a la que pertenece la práctica totalidad del territorio riojano, sino también por sus características hidrológicas. El río Ebro penetra en la Depresión a través de las Conchas de Haro, recorriendo las tierras de la facies de Haro donde se encuentra con rocas de distinto grado de dureza que le obligan a excavar un cauce de meandros encajados y estrecha llanura aluvial. Por su margen derecha recibe a los afluentes Oja-Tirón, Najerilla, Iregua, Leza-

Jubera, Cidacos y Alhama-Linares; mientras que por la izquierda desaguan una serie de barrancos de corto recorrido que descienden desde la Sierra de Cantabria (Ollero Ojeda, 1996). Una vez que el río Ebro alcanza las arcillas de la Facies Nájera, ensancha su llanura aluvial y traza meandros menos acusados.

El comportamiento de los cursos de agua procedentes de la Sierra de la Demanda es muy heterogéneo, debido a las características de sus cuencas y regímenes hidrológicos. El más occidental es el Tirón, que nace en la cabecera de la Demanda burgalesa a 2.200 metros de altitud. Las fuertes pendientes de los picos circundantes le obligan a generar un trazado en dirección oeste, rodeando los Montes de Ayago, de quienes recibe por la margen derecha a los ríos Reláchigo, Redecilla y San Julián. Una vez alcanzados los conglomerados de piedemonte, labra un valle de fondo plano (Arnáez Vadillo, 1994). Antes de desaguar en el Ebro, captura el cauce del río Oja, en el término municipal de Anguciana.

El Oja se caracteriza por su canal trenzado, originado por la gran carga de sedimentos que el río es incapaz de transportar, por lo que se ve obligado a modificar su trayectoria. Su cabecera y curso alto se inscriben en el macizo paleozoico de la Demanda (Gómez Villar *et al*, 1989), atravesando en su recorrido los conglomerados de borde de cuenca hasta alcanzar en la Depresión las areniscas y margas de la formación Haro. Recibe por su margen izquierda al Ciloría, y aguas más abajo al Santurdejo, por su margen derecha.

El Najerilla es el afluente más caudaloso del Ebro debido a la gran superficie de su cuenca y a sus características pluviométricas (García Ruiz y Martín-Ranz, 1994). Por su elevada altitud en cabecera (1.640 m) y exposición norte-nordeste, recibe las húmedas influencias atlánticas así como abundantes aportaciones hídricas de sus pequeños afluentes en su curso alto (Neila, Portilla, Calamantio, Gatón, etc) y medio (Cárdenas, Tobía, Tuerto, etc), incrementando su caudal hasta 11,33 m³/s. Desde Mansilla a Anguiano su red fluvial se encaja profundamente en un estrecho desfiladero debido a la dureza de los materiales paleozoicos (Pérez Ripalta, 1978). La fuerte pendiente y la imposibilidad de evolucionar lateralmente, hacen que en este tramo inscriba abundantes meandros con un elevado índice de sinuosidad. Una vez alcanzados los materiales terciarios de la Depresión, de Facies Nájera, la pendiente se suaviza y discurre sin obstáculos. Vierte sus aguas al Ebro en el término de Torremontalbo, donde desagua 16,45 m³/s.

El Iregua, que es el río camerano más occidental, nace en la Sierra Cebollera (2.000 m) y drena el sector central de Sierra de Cameros recibiendo en su tramo alto a sus principales afluentes, los ríos Mayor y Lumbreras. En su tramo medio recibe los aportes de algunos arroyos de menor entidad, como los de Río seco, Admuel, Trampal, Lavater, Solbes y Planillo, estimándose su caudal en 6,25 m³/s (García Ruiz y Martín-Ranz, 1994). Desagua en el río Ebro, en el término de Logroño, a una altura aproximada de 400 m. Esta diferencia de altitud evidencia el fuerte desnivel que el río debe salvar en poco más de 60 km, lo que se traduce en un cauce de elevada pendiente y gran velocidad del flujo de agua (Casas Sáinz *et al*, 1998).

El Leza, que nace en las laderas del Cerro Castillo (1.683 m), drena, junto al Jubera, la sierra de Camero Viejo. El valle en el que se inscribe se considera frontera entre las influencias oceánicas de Sierra de la Demanda y Camero Nuevo y las mediterráneas de Camero Viejo y las sierras orientales (Casas Sainz *et al*, 1995). En su curso alto recibe las aguas de los ríos Rabanera, Tejada y Vadillos; mientras que en el tramo medio, una serie de arroyos y barrancos que permanecen secos buena parte del año (Santa María, Berundo, Valderraquillas, Aguas Buenas, Barriquilla, etc). El río Jubera tiene un trazado corto, de apenas 40 km, hasta desaguar en el Leza a la altura del término de Murillo de río Leza, ya en la Depresión. En su breve recorrido recibe el aporte de varios afluentes entre los que destacan el río Salado, el río de Santa Engracia y el barranco de San Martín.

El Cidacos nace en la Sierra de Montes Claros, en la provincia de Soria (1.400 m). En su recorrido en cabecera por las sierras del Hayedo de Santiago y Peñalosa, el río se inscribe en un estrecho valle. En su tramo medio, a partir de Arnedillo, la llanura aluvial se ensancha progresivamente, hasta que, al penetrar en los materiales blandos de la Depresión alcanza una considerable extensión. Recibe en su tramo bajo a su principal afluente, el río Manzanares. Por la margen derecha desaguan una serie de pequeños barrancos de caudal intermitente (yasa del Pueblo, yasa de las Minas, yasa del Herrero, etc). Desde su nacimiento hasta su desembocadura en el término de Calahorra recorre una distancia de 79 km, con una pendiente media de su cauce de 1,6%.

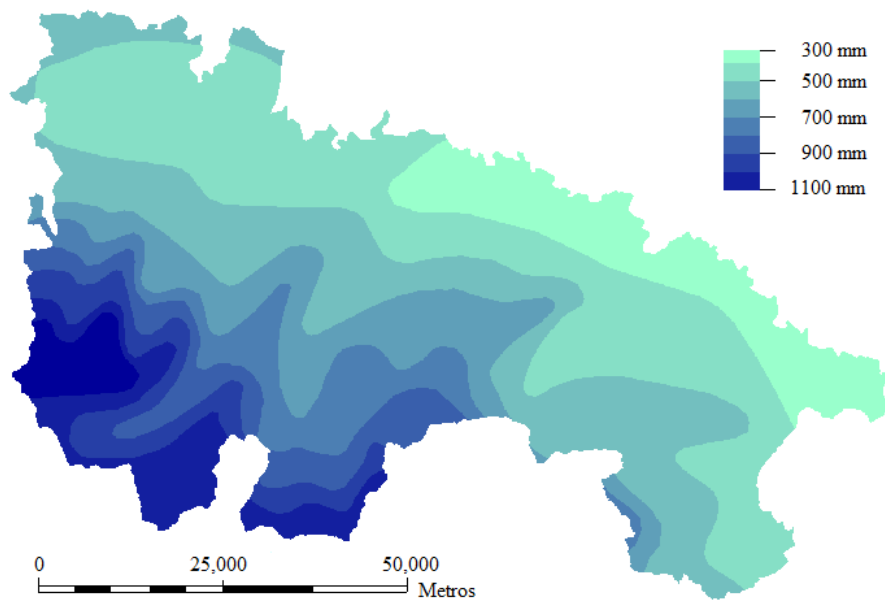
La cuenca hidrográfica del Alhama, con más de 1.200 km², es una de las más extensas de la región. El río Alhama, que es el afluente más oriental del Ebro en el sector riojano, nace a 1.550 m en la Sierra de Almuero (Soria), lleva un caudal de 1,55 m³/s a la altura de Aguilar del río Alhama (García Ruiz y Martín-Ranz, 1994) y une sus aguas a las del Linares en el

término de Cervera del río Alhama. El río Linares, que presenta una red de drenaje muy extensa integrada por numerosos barrancos y arroyos de aguas estacionales y fuertes pendientes (arroyo del Cañizal, barranco del Regajo, barranco de la Canejada, etc), nace en el Puerto de Oncala (Soria) a 1.400 m. En Igea, a pocos kilómetros de su desembocadura en el Alhama, lleva 0,94 m³/s. El río Añamaza, que drena el sector más oriental de la Sierra de Alcarama vierte sus aguas en las del Alhama-Linares a la altura de Ventas del Baño. En su tramo medio el río penetra en la provincia de Navarra, ensanchando su llanura aluvial hasta desembocar en el río Ebro en el término riojano de Alfaro.

2.3. Características climáticas

La Rioja es una región compleja desde el punto de vista climático debido a su localización en el extremo noroccidental de la Depresión del Ebro (Nuñez Olivera y Martínez Abaigar, 1991). El clima es de tipo mediterráneo continental caracterizado por la irregularidad de las precipitaciones, periodos de sequía prolongados y frecuentes eventos tormentosos (Ortigosa, 1987). La zona occidental está más expuesta a las masas de aire atlánticas, que penetran en la cuenca a través del paso de las Conchas de Haro, provenientes del Golfo de Vizcaya. En este sector, la influencia mediterránea es menor que en la zona meridional de la región, ya que 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, la presencia de la alineación Obarenes-Cantabria, al norte, supone una importante barrera geográfica al avance de los flujos oceánicos, que no llegan a afectar de forma tan directa a la región. Asimismo resulta de gran importancia el factor altitudinal, que 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.

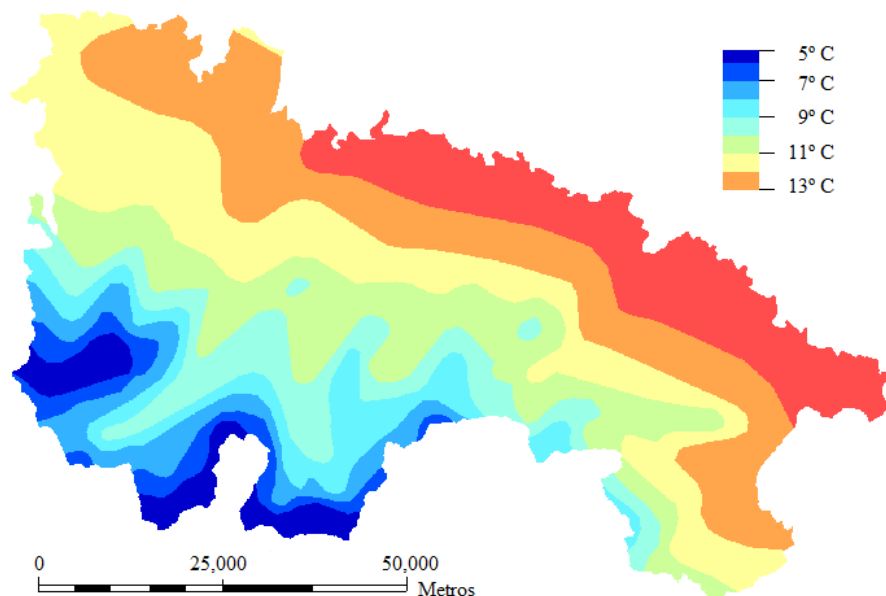
Las precipitaciones registran sus valores máximos en primavera e invierno, alcanzando los 450 mm de lluvia y llegando incluso a los 600 mm en el mes de mayo. Es en invierno donde, en ocasiones, se pueden registrar hasta una tercera parte de las lluvias anuales, sobre todo en los meses de diciembre y febrero (Cuadrat Prats, 1994). Por otra parte los municipios serranos de Sierra de La Demanda soportan, a lo largo de todo el año, un régimen de precipitaciones más elevado. Verano e invierno son, por el contrario, las estaciones más secas e incluso se han observado largos periodos de sequía (Mapa 2.2).



Mapa 2.2. Precipitaciones anuales de La Rioja

El régimen térmico estacional dibuja un mínimo en invierno y un máximo en verano. Por lo general, las temperaturas son suaves, con una moderada amplitud térmica. Los valores medios más bajos se alcanzan siempre entre diciembre y enero, con valores próximos a los 4-6 °C, y los más altos en julio y agosto, con medias de 20-21 °C (Mapa 2.3). Las temperaturas también marcan un doble gradiente, coincidiendo las zonas de mínima precipitación con las de máxima temperatura, razón por la cual el balance hídrico es deficitario en toda la mitad occidental de Cameros y especialmente en los valles del Leza-Jubera, Cidacos y Alhama-Linares.

No son infrecuentes las heladas entre octubre y principios de marzo, así como los bancos de niebla, generados por la acumulación de masas de aire frío en el fondo del valle. Más importantes que las heladas son las habituales precipitaciones de alta intensidad que tienen lugar en verano y que descargan importantes volúmenes de agua en un corto espacio de tiempo. Estas precipitaciones de carácter tormentoso se forman como consecuencia del calentamiento de las masas de aire que ascienden rápidamente y descargan con violencia grandes volúmenes de agua, que pueden activar procesos de arroyamiento en zonas donde la cubierta vegetal es escasa, principalmente tierras de cultivo.



Mapa 2.3. Temperaturas medias anuales de La Rioja

2.4. La organización del territorio y el espacio agrario

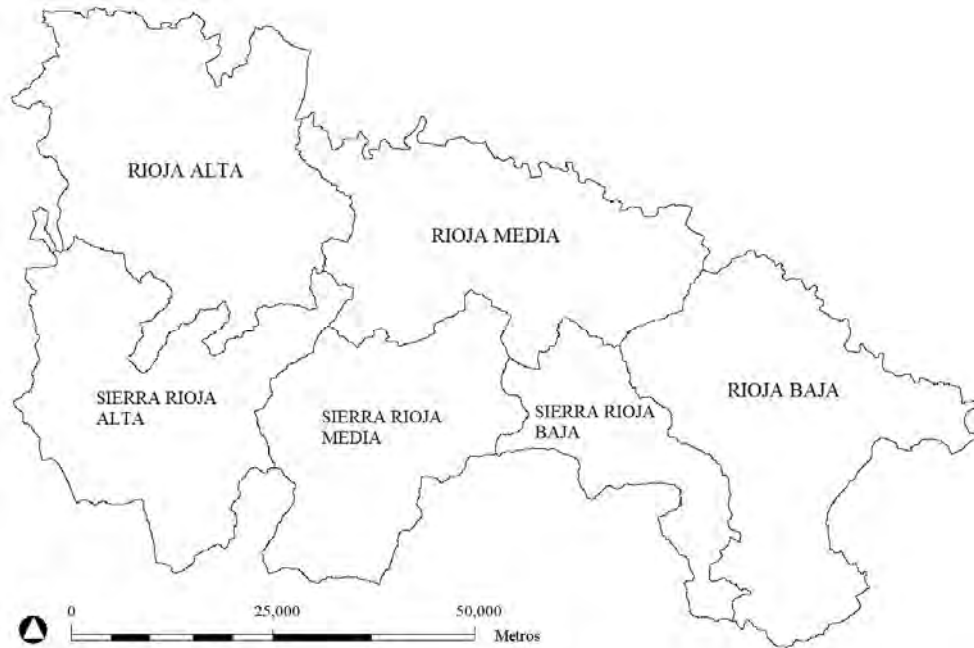
Teniendo presente el objetivo de la tesis y las divisiones territoriales que ha sido necesario realizar para su ejecución, hemos considerado interesante dedicar en este capítulo del área de estudio un apartado a la organización del territorio, seguida de la caracterización del espacio agrícola sobre el que se realiza la investigación

2.4.1. La organización del territorio

A falta de un modelo oficial de comarcalización más allá de la división instaurada para los términos municipales en el Estatuto de Autonomía de 1982, y tomando como base la organización territorial utilizada por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja, el espacio riojano queda vertebrado en seis comarcas: Rioja Alta, Sierra Rioja Alta, Rioja Media, Sierra Rioja Media, Rioja Baja y Sierra Rioja Baja.

Este modelo de gestión territorial delimita dos grandes áreas con características físicas, climáticas y topográficas muy diferentes como son la Depresión del Ebro y las sierras circundantes, facilitando además la identificación de los diferentes sistemas y superficies agrarias. Por otra parte la información consultada en el Censo Agrario de 2011 evidencia que

el 98,8% del espacio agrario riojano está vinculado al sector de la Depresión, es decir, las comarcas de Rioja Alta, Rioja Media y Rioja Baja. Así pues, de partida se asumen estas tres unidades como área objeto de estudio (Mapa 2.4)



Mapa 2.4. Organización comarcal

De las tres unidades estudiadas, la comarca de Rioja Alta es la más occidental. Limita por el norte con la margen derecha del Ebro y la Sierra de Cantabria-Obarenes, al oeste con la comarca burgalesa de los Montes de Oca y la vertiente norte de la Sierra de la Demanda; por el sur con los Picos de Urbión y la Sierra de Castejón, y al este con las sierras de Camero Nuevo y Moncalvillo. Su superficie es de 1.108,28 km² (21,96%) del total territorio de la comunidad riojana (Arnáez Vadillo, 1994).

En conjunto agrupa un total de 76 términos municipales (Tabla 2.1) que, a su vez, se integran en tres sub-comarcas: La subcomarca de Haro es el sector más expuesto a las influencias oceánicas, que penetran en la Depresión tras superar la alineación Obarenes-Cantabria, de manera que el volumen de precipitaciones registrado es el mayor de la región. El paisaje agrario se organiza en torno a los cultivos herbáceos y el viñedo, siendo este último dominante en los piedemontes de la Sonsierra y el meandro de Briñas. La subcomarca de Santo Domingo se extiende desde el curso medio de río Oja hasta el borde septentrional de

Sierra de la Demanda. Esta comarca se ha especializado en la producción de cereal y patata, con buena parte de las explotaciones en régimen de regadío apoyado en la explotación de las capas freáticas (García Santamaría, 2003). La subcomarca de Nájera se organiza en torno al curso medio y bajo del río Najerilla. Aunque cuenta con una mayor diversidad de cultivos el espacio agrario está claramente dominado por el cereal y el viñedo, entre los cuales se intercalan regadíos.

De acuerdo con datos del INE de 2011, la comarca de Rioja Alta cuenta con una población de 46.579 habitantes, el 14,44 % del total de la población riojana, distribuida de forma muy irregular. Hay núcleos que concentran una notable masa poblacional como es el caso de las cabeceras de comarca, que acogen al 58,06 % del total comarcal: 11.960 en Haro, 8.404 en Nájera y 6.737 en Santo Domingo de la Calzada. Otros, sin embargo, están escasamente habitados y no superan el centenar de pobladores.

La comarca de Rioja Media, con una superficie de 923,96 km² (18.31% del espacio regional), se sitúa en el tramo medio de la Depresión del Ebro, limitada al norte con la amplia llanura aluvial del Ebro, al oeste por la cuenca del Najerilla, y al sur-sureste con el sistema de glaciares y rampas que ponen en contacto los fondos de valle con los piedemontes de las sierras de Moncalvillo, Camero Viejo y la Hez. En conjunto agrupa 40 municipios con una superficie promedio mayor que los términos de Rioja Alta (Tabla 2.2). La población total de la comarca es 195.451 habitantes, el 60,63 % del total de la población riojana. Logroño, con 152.650 habitantes, supone el 78,08 % de la población comarcal, seguido de las notables concentraciones de su área metropolitana: 8.118 en Ladero, 6.723 en Villamediana de Iregua, 3.291 en Albelda de Iregua y 3.219 en Fuenmayor.

Las formas de relieve dominantes de este sector son los niveles medios y bajos de terrazas y glaciares, estos últimos muy desmantelados (Gonzalo Moreno, 1981), sobre los que se desarrolla un amplio espectro de cultivos leñosos (viñedo, olivo y almendro) y herbáceos (cereal, girasol y forrajes). La situación de la comarca en el límite entre las influencias oceánicas, que llegan muy debilitadas, y las mediterráneas que ascienden por el valle, definen un clima singular con características de los dos anteriores (Casas Sainz *et al*, 1995).

Tabla 2.1. Relación de municipios de la comarca de Rioja Alta

| Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % | Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| Ábalos | 1.809 | 836 | 46,3 | Hervías | 1.414 | 1.256 | 88,8 |
| Alesanco | 1.716 | 1.489 | 86,8 | Hormilla | 1.584 | 1.327 | 83,8 |
| Alesón | 649 | 465 | 71,6 | Hormilleja | 743 | 526 | 70,8 |
| Anguciana | 504 | 356 | 70,6 | Huércanos | 2.146 | 1.647 | 76,7 |
| Arenzana de Abajo | 837 | 458 | 54,7 | Leiva | 1.271 | 1.120 | 88,1 |
| Arenzana de Arriba | 592 | 340 | 54,4 | Ledesma de la Cogolla | | | |
| Azofra | 1.183 | 1.052 | 88,9 | Manjarrés | 616 | 430 | 69,8 |
| Badarán | 2.068 | 1.221 | 59,0 | Manzanares de Rioja | 1.791 | 774 | 43,2 |
| Bañares | 3.200 | 2.978 | 93,1 | Matute | 2.564 | 576 | 22,5 |
| Baños de Rioja | 923 | 676 | 73,2 | Nájera | 3.743 | 2.211 | 59,1 |
| Baños de río Tobía | 1.759 | 550 | 31,3 | Ochánduri | 1.172 | 994 | 84,8 |
| Berceo | 1.527 | 473 | 31,0 | Ollauri | 259 | 192 | 74,1 |
| Bezares | 461 | 195 | 42,3 | Rodezno | 1.429 | 1.326 | 92,8 |
| Bobadilla | 466 | 115 | 24,7 | Sajazarra | 1.383 | 950 | 68,7 |
| Briñas | 243 | 130 | 53,5 | San Asensio | 3.232 | 2.404 | 74,4 |
| Briones | 3.771 | 3117 | 82,7 | San Millán de la Cogolla | 3.118 | 516 | 16,5 |
| Camprovín | 2.044 | 425 | 20,8 | San Millán de Yécora | 1.077 | 760 | 70,6 |
| Canillas de Río Tuerto | 360 | 324 | 90,0 | Santa Coloma | 2.024 | 324 | 16,0 |
| Cañas | 971 | 724 | 74,6 | Santo Domingo de la Calzada | 4.008 | 3.151 | 78,6 |
| Cárdenas | 398 | 304 | 76,4 | San Torcuato | 1.082 | 989 | 91,4 |
| Casalarreina | 812 | 646 | 79,6 | Santurde | 1.543 | 337 | 21,8 |
| Castañares de Rioja | 1.090 | 904 | 82,9 | Santurdejo | 1.834 | 401 | 21,9 |
| Cellorigo | 1.243 | 697 | 56,1 | San Vicente de la Sonsierra | 4.841 | 2.148 | 44,4 |
| Cidamón | 1.579 | 1.470 | 93,1 | Tirgo | 913 | 673 | 73,7 |
| Cihuri | 975 | 781 | 80,1 | Tormantos | 1.106 | 925 | 83,6 |
| Cirueña | 1214 | 921 | 75,9 | Torrecilla sobre Alesanco | 435 | 380 | 87,4 |
| Cordovín | 459 | 374 | 81,5 | Treviana | 3.493 | 2.834 | 81,1 |
| Corporales | 841 | 595 | 70,7 | Tricio | 634 | 506 | 79,8 |
| Cuzcurrita de río Tirón | 1.916 | 1.390 | 72,5 | Uruñuela | 1.362 | 901 | 66,2 |
| Estollo | 1.614 | 581 | 36,0 | Ventosa | 962 | 477 | 49,6 |
| Foncea | 2.272 | 1.133 | 49,9 | Villalba de Rioja | 895 | 487 | 54,4 |
| Fonzaleche | 1.699 | 1302 | 76,6 | Villalobar de Rioja | 1.094 | 913 | 83,5 |
| Galbárruli | 1.543 | 708 | 49,5 | Villar de Torre | 1.199 | 716 | 59,7 |
| Gimileo | 400 | 272 | 68,0 | Villarejo | 638 | 293 | 45,9 |
| Grañón | 3.101 | 2.305 | 74,3 | Villarta-Quintana | 2.472 | 768 | 31,1 |
| Haro | 4.053 | 2.482 | 61,2 | Villaverde de Rioja | 586 | 161 | 27,5 |
| Herramélluri | 1.087 | 1031 | 94,8 | Zarratón | 1.866 | 1.744 | 93,5 |

Tabla 2.2. Relación de municipios de la comarca de Rioja Media

| Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % | Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| Agoncillo | 3.472 | 1.642 | 47,3 | Logroño | 7.955 | 3.349 | 42,1 |
| Albelda de Iregua | 2.303 | 1.096 | 47,6 | Medrano | 745 | 465 | 62,4 |
| Alberite | 2.023 | 1.520 | 75,1 | Murillo de río Leza | 4.605 | 3.360 | 73,0 |
| Alcanadre | 3.108 | 1.679 | 54,0 | Nalda | 2.459 | 630 | 25,6 |
| Arrúbal | 735 | 385 | 52,4 | Navarrete | 2.849 | 1.829 | 64,2 |
| Ausejo | 5.657 | 3.815 | 67,4 | Nestares | 2.160 | 32 | 1,5 |
| Cenicero | 3.167 | 2.268 | 71,6 | Ocón | 6.092 | 2.355 | 38,7 |
| Clavijo | 1.965 | 1.136 | 57,8 | Redal, El | 840 | 666 | 79,3 |
| Corera | 819 | 637 | 77,8 | Ribafrecha | 3.458 | 2.070 | 59,9 |
| Daroca de Rioja | 1.129 | 65 | 5,8 | Santa Engracia del Jubera | 8.606 | 2.442 | 28,4 |
| Entrena | 2.103 | 1.541 | 73,3 | Sojuela | 1.514 | 323 | 21,3 |
| Fuenmayor | 3.428 | 2.276 | 66,4 | Sorzano | 1.022 | 579 | 56,7 |
| Galilea | 974 | 696 | 71,5 | Sotés | 1.459 | 573 | 39,3 |
| Hornos de Moncalvillo | 740 | 318 | 43,0 | Torrementalbo | 801 | 433 | 54,1 |
| Lardero | 2.035 | 821 | 40,3 | Viguera | 4.172 | 51 | 1,2 |
| Leza de río Leza | 1.112 | 85 | 7,6 | Villamediana de Iregua | 2.042 | 1.200 | 58,8 |

La comarca de Rioja Baja, la más oriental de las tres unidades, se localiza en la parte baja del tramo riojano del Eje del Ebro, limitada al oeste por la Sierra de La Hez, al sur por las sierras de Achena y Alcarama, y al este por el curso bajo del Alhama-Linares. Su clima típicamente mediterráneo de tipo continental se caracteriza por un menor número de precipitaciones medias, temperaturas más elevadas y un mayor déficit hídrico anual.

Con una superficie de 1006,53 km² (19,95% del total de La Rioja) alberga los términos de mayor tamaño de la región, un total de 20, repartidos entre las subcomarcas de Calahorra y Arnedo (Tabla 2.3). En la subcomarca de Calahorra la amplia llanura aluvial del Ebro ha favorecido el cultivo de una amplia gama de hortalizas de regadío, con un claro predominio de la coliflor y la alcachofa, así como de frutales de reciente implantación. Los tradicionales cultivos de secano (vid, olivo, almendro y cereal) se desarrollan principalmente en los municipios periféricos, sobre todo en laderas y en los espacios más marginales. Por su parte, la subcomarca de Arnedo desarrolla una agricultura típicamente de secano en la que el almendro se configura como figura central del paisaje agrícola, si bien las superficies dedicadas al olivo y la vid se han incrementado en los últimos años.

La población de la comarca de Rioja Baja es de 59.403 habitantes, el 18,42 % del total regional. Las cabeceras de comarca, Arnedo y Calahorra, con 14.425 y 13.369 habitantes, reúnen el 45,10 % de la población, seguidos por las concentraciones de Alfaro (9.813), Autol (4.385), Pradejón (4.011), Rincón de Soto (3.801), Cervera del río Alhama (2.826) y Aldeanueva de Ebro (2.819).

Tabla 2.3. Relación de municipios de la comarca de Rioja Baja

| Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % | Municipios | Superficie Municipal (Ha) | Superficie Agraria (Ha) | % |
|------------------------|---------------------------|-------------------------|------|----------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| Aguilar del río Alhama | 5.410 | 723 | 13,4 | Herce | 1.721 | 460 | 26,7 |
| Aldeanueva de Ebro | 3.900 | 2.591 | 66,4 | Igea | 5.424 | 1.194 | 22,0 |
| Alfaro | 19.411 | 10.117 | 52,1 | Muro de Aguas | 3.090 | 387 | 12,5 |
| Arnedo | 8.539 | 3.758 | 44,0 | Pradejón | 3.175 | 2.003 | 63,1 |
| Autol | 8.528 | 3.338 | 39,1 | Quel | 5.477 | 2.996 | 54,7 |
| Bergasa | 2.709 | 1.257 | 46,4 | Rincón de Soto | 1.985 | 1.244 | 62,7 |
| Bergasillas Bajera | 970 | 90 | 9,3 | Santa Eulalia Bajera | 842 | 103 | 12,2 |
| Calahorra | 9.356 | 5.301 | 56,7 | Tudelilla | 1.906 | 1.558 | 81,7 |
| Cervera del río Alhama | 15.257 | 3.666 | 24,0 | Villar de Arnedo, El | 1.824 | 1.224 | 67,1 |
| Grávalos | 3.100 | 1.240 | 40,0 | Villarroya | 1.176 | 239 | 20,3 |

2.4.2. El espacio agrícola

Con toda probabilidad son las circunstancias socioeconómicas e históricas las que mayor repercusión han tenido sobre el paisaje riojano. Como apunta García Ruíz (1997), con la eliminación de los densos bosques de encinas, quejigos y rebollos, la Depresión del Ebro perdió diversidad paisajística a favor del establecimiento de un paisaje agrario estable, caracterizado por la adaptación de las parcelas y los cultivos a la topografía del entorno. Por su parte, Lasanta (2010) señala que las fluctuaciones de los mercados agrarios, el avance de las técnicas de cultivo y el envejecimiento de la población han llevado a una homogeneización de los paisajes tradicionales de pequeños campos con alta diversidad de cultivos en favor de una agricultura más homogénea, altamente industrializada y de carácter extensivo.

La agricultura es todavía para muchos municipios el principal motor de la economía. De hecho la superficie cultivada en 2011 es de 157.833 hectáreas, que vienen a suponer un 31,5% del total de la superficie regional. Como refleja el Gráfico 2.1, los cereales de grano, con

51.897 hectáreas (41% del total), son el principal cultivo de la región, seguido en importancia por el viñedo, con 44.344 hectáreas (35%). A gran distancia, con 14.567 hectáreas (11%), se sitúan los frutales, seguidos del olivar (5.574 ha), las especies hortícolas (4.887 ha), los cultivos industriales (2.585 ha), los cultivos forrajeros (2.040 ha) y la patata (1.929 ha).

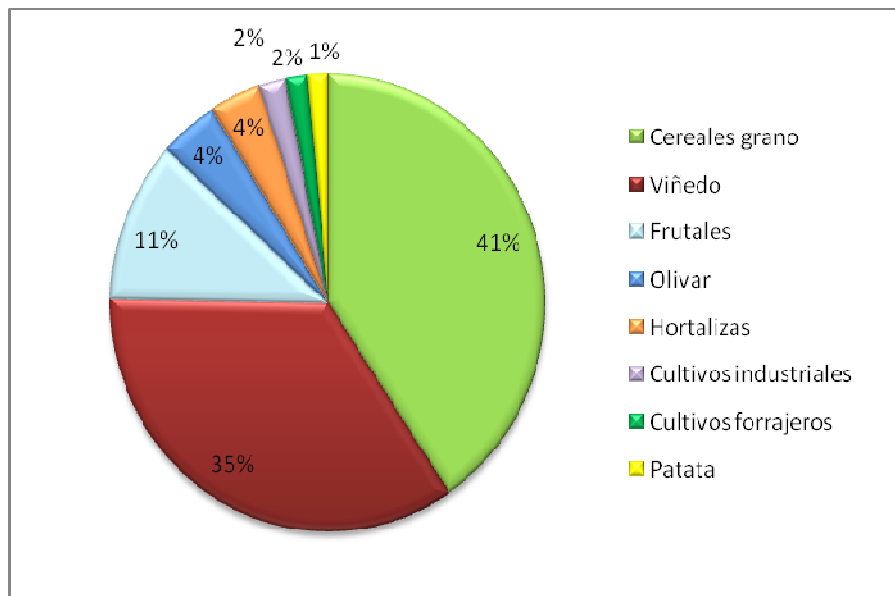
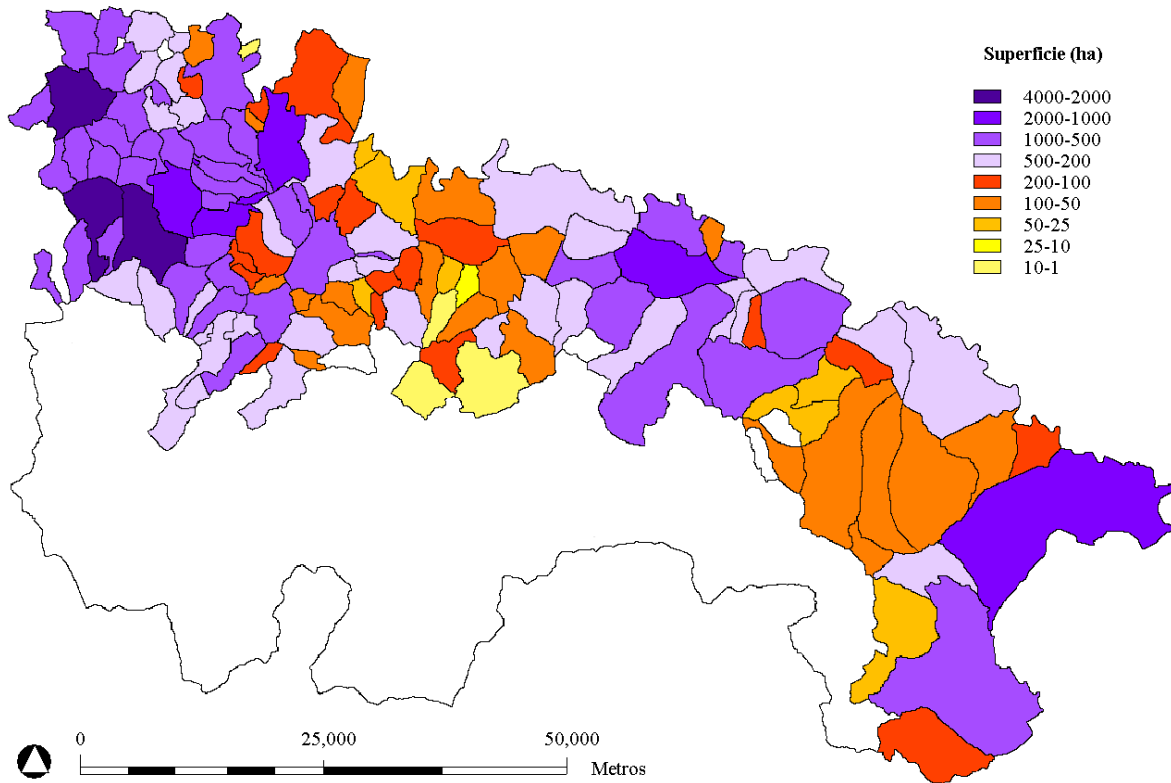


Gráfico 2.1. Distribución de la superficie de los grupos de cultivos

Los cereales son, en clara competencia con el viñedo, el cultivo con más presencia en la región. En 2011 la superficie dedicada al cereal fue de 51.897 hectáreas (el 40,6% del espacio cultivado), la mayor parte de ellas dedicadas al trigo (36.589 ha). Su importancia y extensión actual se deben en parte a la coyuntura socioeconómica de posguerra, donde la escasez de alimentos generalizada, la pérdida del mercado exterior y el intervencionismo administrativo del régimen franquista marcaron la reorientación de la producción agrícola en favor del cereal y el olivo como base de la alimentación humana y principal fuente de ingresos (López Ortiz, 1996). Estas especiales circunstancias han condicionado el devenir del espacio agrario en la región, sobre todo en Rioja Alta, la comarca de mayor tradición cerealista (del Pozo y Lasanta, 1992), donde se concentra el 73,51% del total de la superficie regional.



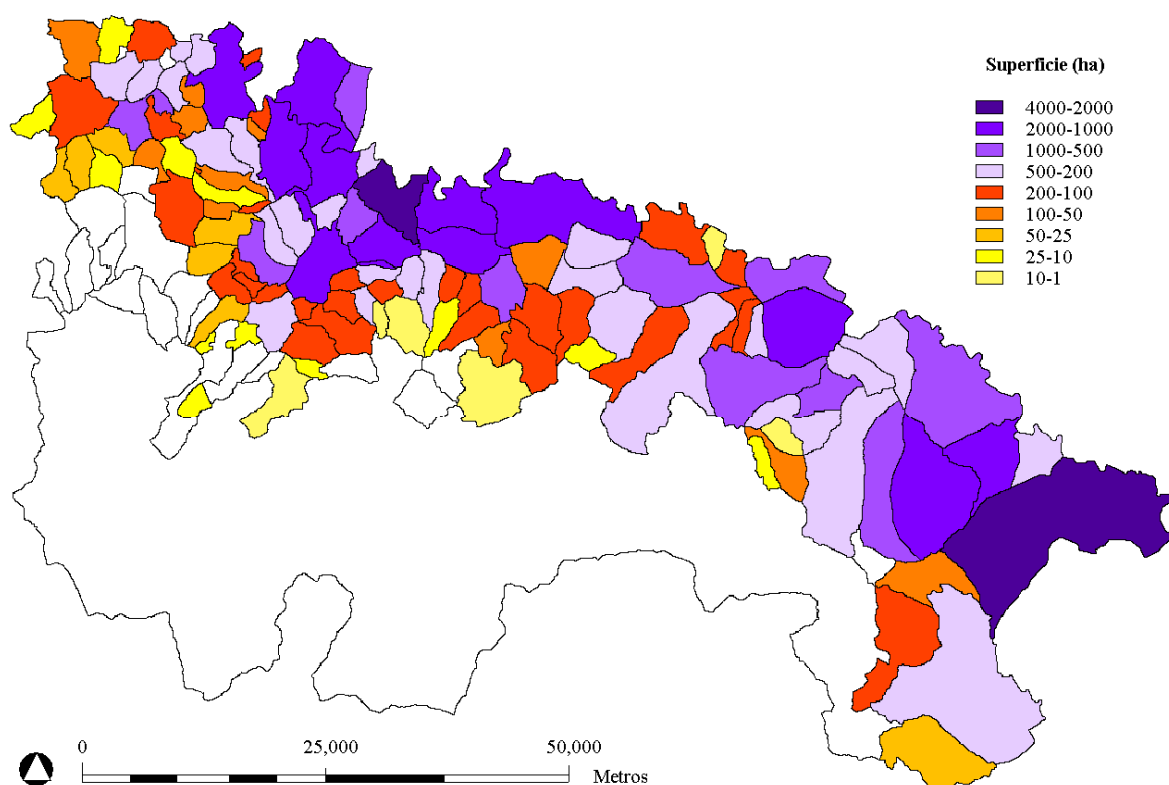
Mapa 2.5. Superficie de cereal por municipios

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. Sin embargo es el segundo cultivo en superficie, con 44.158 hectáreas (72,33% en secano), distribuidas de forma muy heterogénea: 18.633 ha en Rioja Alta (42,20%), 14.384 ha en Rioja Media (32,57%) y 11.142 ha en Rioja Baja (25,23%).

Por su gran capacidad de adaptación la vid se asienta sobre todo tipo de estructuras, relieves y suelos, aunque tiene preferencia por los niveles más bajos de terrazas y los niveles medios y altos de glacis, sobre los que se desarrollan suelos pedregosos y profundos 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.

Los municipios con mayor concentración de hectáreas de vid 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 2.6). En relación a la superficie agraria de cada municipio, las densidades de ocupación más altas (superiores a 80%), se registran en Cenicero (96%), Briñas

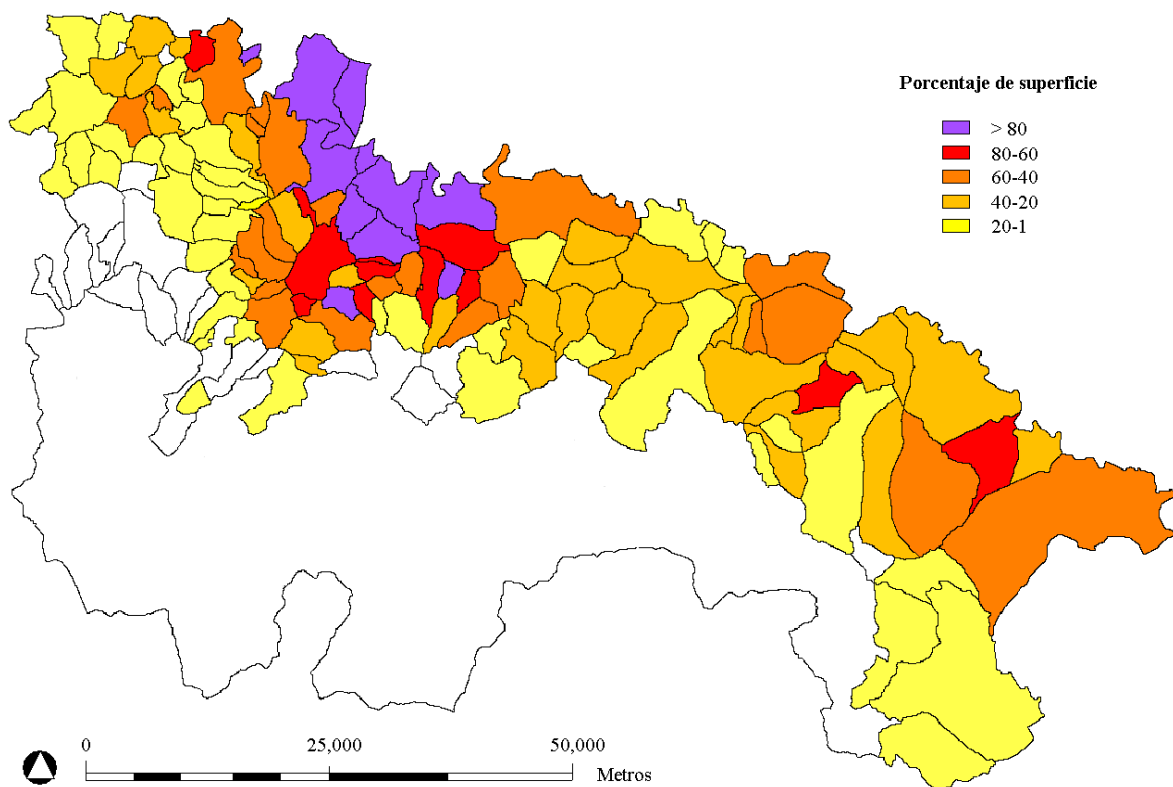
(93,7%), San Vicente de la Sonsierra (89,9%), Fuenmayor (88,9%), Torremontalbo (88%), Ábalos (87,9%), San Asensio (86,5%), Arenzana de Abajo (84,4%), Uruñuela (84,2%), Huércanos (83,2%) y Hornos de Moncalvillo (81,9%). Estos elevados porcentajes y la escasa dedicación a otros cultivos confirman la especialización vitícola de este sector comprendido entre las rampas de la Sonsierra y el curso bajo del río Najerilla. De hecho puede hablarse de monocultivo (Mapa 2.7).



Mapa 2.6. Superficie de viñedo por municipios

Los frutales tienen un papel socioeconómico importante en la agricultura riojana, sobre todo en la comarca de Rioja Baja, donde se localiza el 77,8% del frutal riojano.

Dentro de los frutales, el almendro es el más abundante. Con 9.583 hectáreas, es el tercer cultivo que más superficie ocupa en La Rioja tras la vid y el cereal. Se trata de un cultivo muy arraigado en la tradición agrícola y social de Rioja Baja, donde se concentra el 83,95% del total



Mapa 2.7. Porcentaje municipal de superficie de viñedo

El olivo es un cultivo de gran peso económico y parte fundamental del paisaje agrario mediterráneo tradicional. En las dos últimas décadas ha experimentado una etapa de intensificación pasando de 2.383 hectáreas en 1991 a 5.574 hectáreas en 2011, el 48,56% en régimen de regadío y el 51,44% en secano. La recuperación del sector es debida, en parte, a las medidas adoptadas por la Asociación de Trujales y Olivicultores de La Rioja (ASOLRIOJA), que en 2004 logró la aprobación de la Denominación de Origen Aceites de Rioja. Según la base de datos del Inventario de Frutales, existen en La Rioja 18.138 explotaciones, el 58,65% en Rioja Baja, con una edad promedio de 63 años. Si bien se trata de una especie leñosa muy adaptable a todo tipo de suelos y pisos bioclimáticos tiende a concentrarse en las comarcas de Rioja Media (31,54%) y Rioja Baja (63,65%), donde la influencia climática del Mediterráneo es más acusada. Las zonas de producción por excelencia son las sub-comarcas de Calahorra y de Arnedo.

Respecto a las hortalizas, en 2011 la superficie cultivada experimentó una leve reducción, así como un descenso notable de las producciones como se desprende de la Coyuntura

Agraria y la Estadística Agraria Regional de 2011. En 1991 la superficie de hortalizas y leguminosas fue de 14.146 hectáreas, decreciendo de forma notable hasta las 4.887 hectáreas actuales (65,45% de descenso), la cifra más baja de las dos últimas décadas signo de la crisis que vive el sector.

A lo largo de los capítulos siguientes, especialmente en los dedicados a los factores relativos a la cobertura y gestión de los suelos (C) y al factor de prácticas de control y medidas de conservación (P), se mostrarán más características de los cultivos riojanos, especialmente las referidas a las rotaciones de cultivos y sistemas de labranza utilizados.

3. METODOLOGÍA GENERAL

El objetivo de esta tesis es identificar las áreas más susceptibles a la erosión en el espacio agrícola de La Rioja y cuantificar la tasa potencial de pérdida de suelos mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE). Esta ecuación se ha implementado en un Sistema de Información Geográfica, que ha facilitado los cálculos y, lo que es más importante, el análisis espacial de los resultados. Por tanto, dos vectores guían el desarrollo metodológico seguido: en primer lugar, la RUSLE y la obtención de los parámetros necesarios, ingente tarea cuando los datos son escasos, como es nuestro caso. En segundo lugar, la utilización de un SIG que se adaptase a los requerimientos de esta ecuación. Aunque todos los SIG tienen estas capacidades básicas, ha sido necesario combinar varios de ellos para alcanzar los objetivos propuestos.

Como ya se comentó en la introducción, la RUSLE es un modelo empírico de predicción de la pérdida de suelo anual como consecuencia de la erosión hídrica en laderas que tienen un sistema de gestión y usos de suelo determinado. El modelo se basa en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos desarrollada por Wischmeier y Smith (1978) para predecir las pérdidas edáficas por erosión hídrica a escala regional o de cuenca.

En 1985, el Departamento de Agricultura de EE.UU (USDA) propuso la revisión de la USLE para incorporar los nuevos procedimientos de cálculo de la erosión laminar y en regueros. La actualización que supone el modelo RUSLE, ideado por Renard *et al* (1996), supera ciertas limitaciones de la formulación anterior al considerar la variación estacional del factor de erodibilidad del suelo, el contenido en elementos gruesos, las pendientes irregulares y la relación entre los cultivos y la gestión de los suelos.

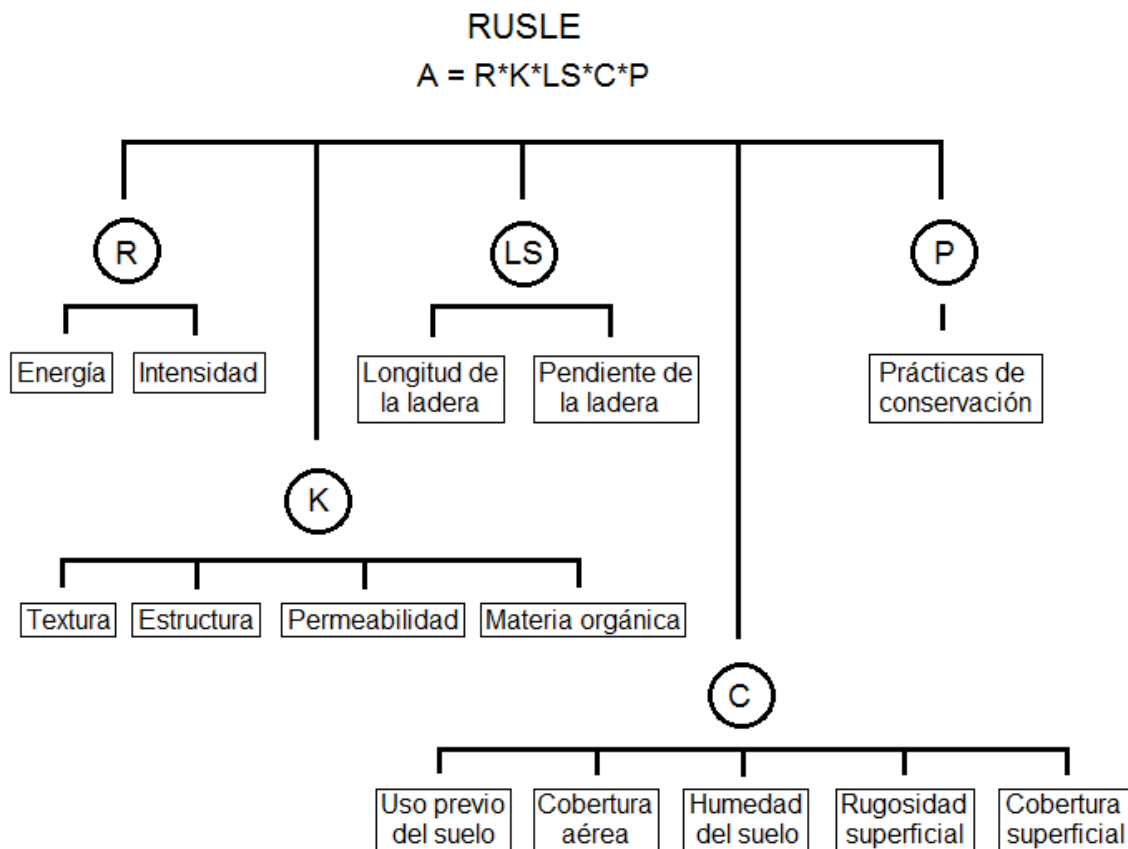
La guía de aplicación del modelo RUSLE, que fue publicada en el nº 703 de la revista *Agriculture Handbook* (USDA), proporciona una serie de fórmulas, gráficos, tablas y explicaciones para calcular cada uno de los factores que integran la ecuación. La ecuación básica del modelo para estimar la pérdida de suelos por erosión hídrica es la siguiente:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde A es la pérdida de suelo promedio anual ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), R es el factor de erosividad de la lluvia y de la escorrentía ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$), K es el factor de erodibilidad del suelo ($\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), LS es el factor topográfico de longitud y pendiente de la ladera (adimensional), C es el factor de vegetación, cobertura vegetal y gestión de los suelos (adimensional), y P es el factor de las prácticas de control y medidas de conservación del suelo (adimensional).

En el esquema anexo (Figura 3.1) se exponen de forma sintética los requerimientos del modelo RUSLE para caracterizar cada uno de los mencionados factores. En las páginas siguientes se expone brevemente la metodología empleada para su cálculo, que será desarrollada más ampliamente en los capítulos correspondientes.

Fig 3.1. Esquema del modelo RUSLE.



3.1. Estimación de la erosividad de las lluvias (Factor R)

Para estimar el factor R o de erosividad de las lluvias, el modelo requiere conocer la intensidad y la energía de las mismas mediante la consulta de series pluviométricas recabadas por pluviógrafos. En este sentido, la carencia de estos elementos de medición en la red de estaciones meteorológicas y agroclimáticas de La Rioja ha determinado la adopción de una fórmula diferente para calcular la erosividad de las precipitaciones, el Índice Modificado de Fournier (1978).

A partir de esta formulación se han recopilado los registros de precipitación mensual de 16 estaciones meteorológicas y agroclimáticas del Servicio Meteorológico de la Comunidad Autónoma de La Rioja y del Servicio de Información Agroclimática de La Rioja (SIAR), en un periodo de 7 años. El procedimiento de cálculo se llevó a cabo mediante Excel, para posteriormente reflejar los resultados en una cartografía de elaborada con la herramienta SIG MFworks 3.0.

3.2. Estimación de la erodibilidad de los suelos (Factor K)

Para la estimación del factor K o de erodibilidad de los suelos, fue necesario, en primer lugar, la caracterización de los suelos de la región. Para ello se acudió a la antigua cartografía del Mapa de suelos de la Provincia de Logroño, realizado en 1970 por el Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología.

Una vez digitalizada y actualizada, de acuerdo con la taxonomía actual propuesta por la FAO/UNESCO (1999), se completó con la información proporcionada por las muestras de suelos tomadas por el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012). Estas muestras ofrecen información sobre las propiedades físico-químicas de los suelos de 256 parcelas experimentales.

A continuación, y a partir de la cartografía litoestratigráfica facilitada por el servicio cartográfico del Gobierno de La Rioja (IDERioja), se generó un mapa de materiales con origen y características físicas comunes.

El siguiente paso consistió en cruzar ambos mapas (mapa de suelos y cartografía litoestratigráfica). El resultado de la combinación entre la información digital de ambas cartografías a través de SIG fue una cartografía sintética que establece unidades homogéneas de suelo con características fisiográficas (materiales y origen de los mismos) y edáficas (clases de suelo, textura, estructura, permeabilidad, contenido en

materia orgánica, etc) comunes, a las que se supone un comportamiento hidrológico y una respuesta similar frente a los procesos erosivos. De esta forma se obtuvieron 142 unidades homogéneas de suelo en el mapa sobre las que se realizaron los cálculos necesarios para estimar el factor K, de acuerdo con la fórmula propuesta por el manual de RUSLE.

3.3. Estimación del factor topográfico (Factor LS)

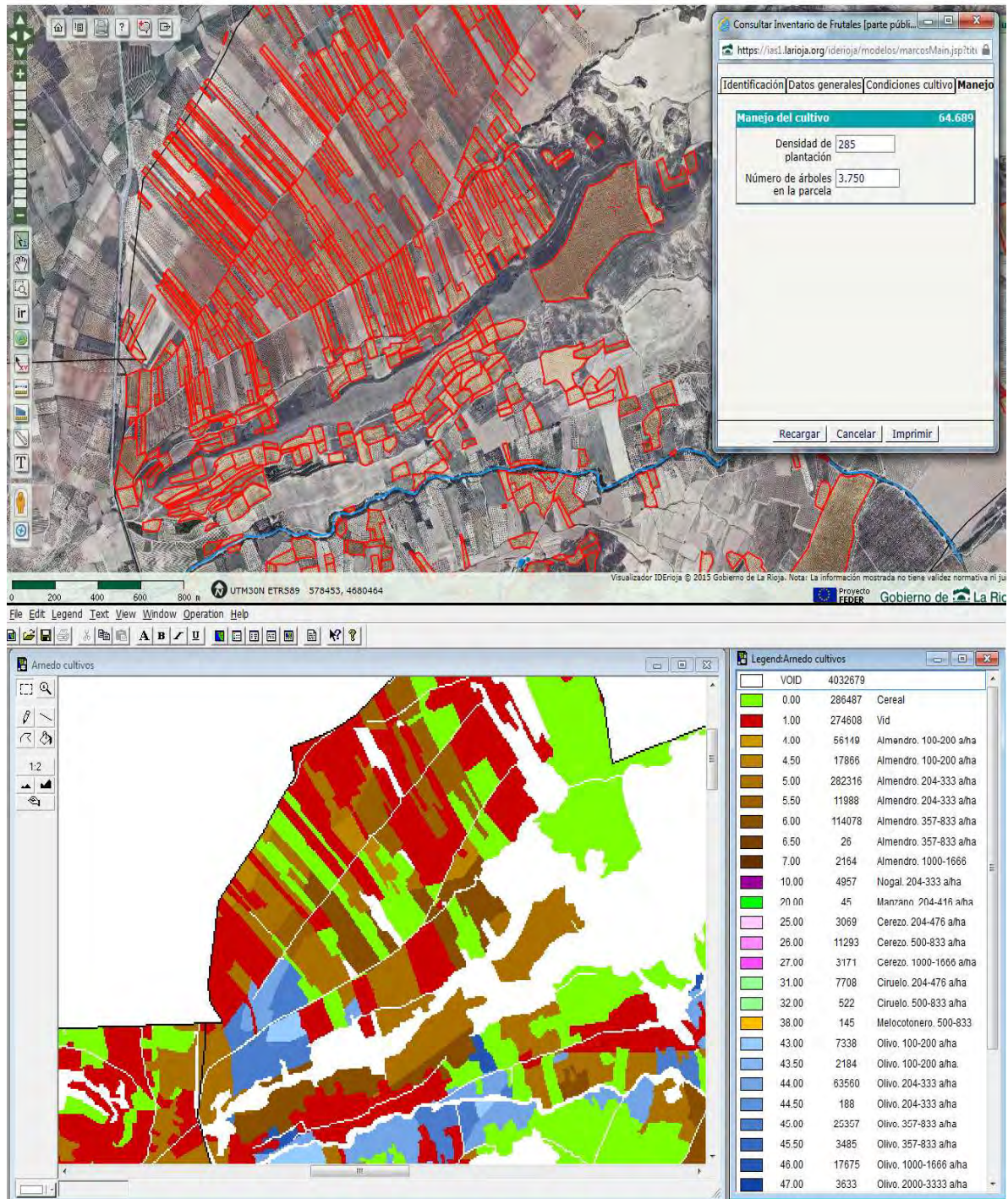
Para conseguir el factor topográfico o LS, fue necesario realizar mapas de pendientes de las laderas y de la longitud de las mismas. Con este fin, se utilizó un MDT inédito elaborado por Luis Ortigosa Izquierdo en 2001, a partir de cual, y mediante MFworks, fue generada la cartografía de pendientes. En cambio, el mapa de longitudes fue trabajado con el algoritmo “Longitud de pendiente” que aporta el programa GvSIG. Este algoritmo se basa en la distancia que existe entre celdas de diferente inclinación del MDT. El producto posterior entre ambos mapas dio lugar a la cartografía del factor topográfico.

3.4. Estimación del Factor Cubierta de suelos (C)

El factor C o de cubierta de suelos ha supuesto el mayor reto para la consecución de los objetivos de esta tesis debido a la gran cantidad de parámetros necesarios para su estimación.

En primer lugar hubo de caracterizarse el mosaico agrario del área de estudio 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. De esta forma se ubicaron espacialmente las parcelas agrícolas y, en el caso de los frutales, se identificó el emplazamiento de los diferentes sistemas de manejo de los suelos (labranza o cubiertas vegetales) y las densidades de plantación (extensiva, semi-intensiva, intensiva y muy intensiva). Este último procedimiento requirió una gran inversión de trabajo y tiempo puesto que hubo de rastrearse, mediante visualizadores implementados en el Sistema de Información de Parcelas Agrarias (SIGPAC), la localización espacial de dichas parcelas e integrarlas en la cartografía generada a tal efecto (Figura 3.2).

Fig 3.2. Identificación de las parcelas y su posterior implementación en SIG



Una vez delimitadas las parcelas de de estudio, se procedió a la obtención de los parámetros requeridos en cada uno de los cinco subfactores que integran el factor C.

- Para la consecución del subfactor de uso previo del suelo (PLU) se realizó una extensa recopilación bibliográfica, con bibliografía especializada en la práctica de la agricultura, para conocer las características vegetativas y la duración del ciclo de

cultivo de cada especie, su lugar en las alternativas de rotación, el peso de la masa radical en los primeros 10 cm del suelo en sucesivas etapas del desarrollo vegetativo de la planta, la cantidad de residuo bruto generado tras la cosecha, la cantidad de residuo que es enterrado en las labores post-recolección, la maquinaria utilizada y las prácticas culturales asociadas a la gestión de suelos y deshechos vegetales. La mayor parte de estos parámetros han podido estimarse gracias a la información aportada por las Normativas Técnicas de Producción Integrada de la Comunidad Autónoma, los itinerarios técnicos de prácticas de cultivo, los calendarios de desarrollo biológico y la bibliografía agronómica. No obstante, algunos requerimientos muy concretos de este subfactor, como el del peso aproximado de la masa de raíces en las diferentes etapas de desarrollo vegetal en coliflor, judía verde, haba, col y repollo, solo han podido conocerse mediante trabajo de campo. Para ello, en una pequeña parcela experimental localizada en la llanura aluvial del Ebro, en el término de Logroño, trasplantamos una quincena de plántulas de cada una de las mencionadas especies (Figura 3.3) que, en las sucesivas etapas de crecimiento fuimos retirando para pesar, en seco, su masa radical (Figura 3.4).

- El subfactor de cobertura aérea (CC) exige conocer el grado de cubrimiento vegetal mensual de la parcela y la distancia a la que cae la gota de lluvia interceptada por el dosel. La obtención de ambos parámetros se realizó mediante trabajo de campo. Utilizando la cartografía agrícola, se identificaron diferentes explotaciones de interés en los términos de Villar de Torre (cereal, patata, hortalizas leguminosas y cultivos industriales), Logroño (hortalizas de flor y de hoja, frutales, olivar y viñedo), Villamediana de Iregua (frutales, olivar y viñedo), Nalda (ciruelo, cerezo y guindo), Ribafrecha (frutales de pepita y viñedo), Ocón (cereal, cerezo y guindo y viñedo), Arnedo (almendro) y Cervera del río Alhama (almendro y hortalizas). En ellas se procedió a la medición estacional (para leñosos) y mensual (para herbáceas) del diámetro y la altura del dosel de 25 ejemplares en las diferentes etapas del ciclo vegetativo. En el caso del olivar, por tratarse de una especie de hoja perenne, la medición de su dosel se realizó dos veces al año, una tras las operaciones de poda (Figura 3.5) y otra entre primavera o verano. En cambio, en ejemplares de hoja caduca las mediciones mensuales solo pueden realizarse a partir del mes de mayo (Figuras 3.6 y 3.7), cuando el dosel ha adquirido cierta capacidad de

interceptación, hasta finalizar en el mes de octubre, cuando se inicia la caída de la hoja.

Fig 3.3. Almacigos de hortalizas



Fig 3.4. Masa radical de una plántula de tomate



Fig 3.5. Medición del dosel de una finca de olivo tras la poda (Villamediana de Iregua)



A partir de la base de datos generada, se obtuvieron los valores promedio de porcentaje de cobertura aérea y de distancia efectiva de caída de la gota de agua desde la copa por árbol/planta en las distintas etapas de desarrollo vegetativo. Estos valores iniciales, en función del número de ejemplares cultivados por hectárea, determinaron los valores globales de cobertura aérea en cada parcela.

Fig 3.6. Finca de cerezo extensivo en floración (Cervera del río Alhama)



Fig 3.7. Primeras hojas de la vid en el mes de mayo (Villar de Torre)



- El procedimiento para estimar el subfactor de humedad del suelo (SM) fue más sencillo, pues solo fue necesario recurrir a las series pluviométricas previamente utilizadas para el factor de erosividad de las lluvias.

- Para obtener el subfactor de rugosidad superficial (SR) fue necesario conocer el tipo de labores agrícolas que tienen lugar en cada uno de los cultivos a lo largo del año. A partir de estas tareas agrícolas, y en función de la rugosidad que generan, se puede determinar su influencia en la capacidad de reducción de los flujos corticales. En este sentido, se consultaron los calendarios de labores agrícolas y las Normativas Técnicas de Producción Integrada específicos de la comunidad riojana, así como los itinerarios de prácticas de cultivo recomendados por varios autores. El factor de erosividad de las lluvias también se tiene en cuenta en el cómputo final de SR.

- El último de los subfactores, que tiene en cuenta la cobertura superficial (SC), ha sido uno de los más complejos de calcular puesto que estima una gran cantidad de variables como el peso de los residuos dejados en superficie por las labores agrícolas, la rugosidad que generan dichas labores, la rugosidad del suelo cuando no es perturbado por la maquinaria agrícola, la fracción gruesa de los suelos y la erosividad de las precipitaciones. Es decir, forman parte del cálculo el factor R (16 estaciones) y el subfactor SR (30 variedades de cultivo y manejo), a la vez que se hace necesario disponer de una cartografía de pedregosidad superficial que será generada utilizando el mapa de las 142 unidades homogéneas de suelo.

Interpolando los cinco subfactores mencionados, junto con la erosividad mensual y la erosividad anual, se obtuvieron los valores del factor C de cada parcela agrícola, valores claramente determinados por el tipo de especie vegetal, la densidad de plantación, el sistema de manejo, el porcentaje de superficie cubierta por los residuos de la cosecha, la fracción gruesa de los suelos sobre los que se cultiva y la erosividad de las lluvias. Para facilitar la interpretación de los resultados, en el capítulo correspondiente, se decidió fragmentar el área de estudio en 15 zonas de menor tamaño, en relación a su proximidad a la estación meteorológica más cercana.

3.5. Estimación del factor de prácticas de conservación de suelos (Factor P)

La obtención del factor P ha exigido un detallado trabajo de rastreo de ortofotografías, con el fin de identificar y cartografiar los distintos modelos de campos (llanos, en pendiente y abancalados) y la dirección en la que se realiza el laboreo A tal efecto, y a partir de la información recabada en la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos de 2011, se utilizaron el visor del Sistema de Información de Parcelas Agrarias y el mapa de pendientes obtenido a partir del MDT para elaborar la cartografía del factor P.

3.6. Pérdida anual de suelos (A)

Una vez obtenidos todos los factores y subfactores, se procedió a la estimación de las pérdidas de suelo en $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ siguiendo el algoritmo de Renard *et al* (1996). El producto de los cinco archivos cartográficos del modelo RUSLE, elaborados con MFWorks, ha permitido obtener la cartografía de tasas de pérdida de suelos del espacio agrícola riojano. La gran diversidad de variables ambientales, topográficas, edáficas y humanas que caracterizan a la región hizo que esta cartografía ofreciese más de 200000 valores diferentes, por lo que fue necesario utilizar la simplificación del espacio agrícola de acuerdo a las 15 zonas ya establecidas en el factor C.

De igual forma, y para relacionar entre sí los diferentes intervalos erosivos y analizar sus relaciones, los ficheros elaborados mediante SIG fueron exportados al programa SPSS 15 (Statistical Package for the Social Sciences), una herramienta de análisis estadístico que permite trabajar con bases de datos de gran tamaño.

4. LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (FACTOR R) Y LA ERODIBILIDAD DE LOS SUELOS (FACTOR K) DEL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO

4.1. Factor de erosividad de la lluvia (R)

Se entiende por erosividad a la capacidad potencial de la lluvia para generar erosión, capacidad que es variable en función de las características de las precipitaciones, en especial del volumen, intensidad, duración, energía cinética y diámetro de la gota de lluvia. Es además un factor que está estrechamente relacionado con el concepto de erodibilidad o susceptibilidad del suelo a la erosión.

En este capítulo se exponen las dificultades que presenta su obtención en La Rioja, se justifica la elección del Índice de Fournier Modificado (IFM) como alternativa para su cálculo y se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de este índice.

4.1.1. Estimación del factor R

En 1958, Wischmeier y Smith observaron que las pérdidas de suelo resultaban directamente proporcionales a la energía cinética de la precipitación si se mantenían constantes el resto de parámetros (suelo, cubierta vegetal, etc). Tras realizar numerosas pruebas determinaron que la mejor forma de estimar la erosividad de las lluvias y las pérdidas de suelo asociadas era mediante el producto entre la energía cinética (E) de un evento y la intensidad en 30 minutos (I_{30}) del mismo. El procedimiento de cálculo que plantearon es el índice EI_{30} , del que se deriva el factor R utilizado en los modelos USLE (Wischmeier y Smith, 1978) y RUSLE (Renard *et al*, 1996).

R es el factor de erosividad de la lluvia y de la escorrentía superficial (rainfall and runoff factor), calculado a partir de de la energía y la intensidad de las precipitaciones, y medido en $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ año^{-1}$. R se expresa de la siguiente manera:

$$R = \sum_{i=1}^j (EI_{30})_i / N$$

Siendo E la energía cinética del evento de lluvia erosiva ($MJ\ ha^{-1}$); I_{30} es la intensidad de la lluvia en los 30 minutos de intensidad máxima ($mm\ h^{-1}$); EI_{30} es la erosividad de una tormenta i; j es el número de tormentas en N años.

El cálculo de este índice precisa de la existencia de una red de pluviógrafos que monitoricen de manera continuada las precipitaciones. Desafortunadamente el equipamiento de la red de estaciones meteorológicas y agroclimáticas riojanas carece de estos instrumentos.

En este sentido, desde 1995 la unidad dependiente de la Dirección General de Justicia e Interior, SOS-Rioja, se encarga de gestionar el Servicio Meteorológico de la Comunidad Autónoma de La Rioja y permite la consulta online de las variables meteorológicas de 17 estaciones. Cuatro se encuentran en La Rioja Alta (Brieva de Cameros-Urbaña, Ezcaray, Haro y Nájera), siete en La Rioja Media (Moncalvillo, Logroño, Ocón, San Román de Cameros, Santa Marina, Torrecilla de Cameros y Villoslada) y seis en La Rioja Baja (Aguilar del río Alhama, Alfaro, Arnedo, Calahorra, Cervera del río Alhama y Yerga). Todas ellas disponen de anemómetro, pluviómetro de cazoletas basculantes, sensores de temperatura y humedad relativa del aire, estación meteorológica, piranómetro para la medida de la radiación solar, sensor de presión atmosférica y sensor de temperatura ambiente.

En 2004 tiene lugar la creación del Servicio de Información Agroclimática de La Rioja (SIAR), organismo dependiente de la Sección de Recursos Naturales del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA). El SIAR cuenta con una red de 21 estaciones agrometeorológicas, nueve en La Rioja Alta (Arenzana de Abajo, Casalarreina, Foncea, Leiva, Pazuengos, San Vicente de la Sonsierra, Santo Domingo de la Calzada, Uruñuela-Torremontalbo y Villar de Torre), cinco en La Rioja Media (Agoncillo, Albelda de Iregua, Ausejo, Logroño y Santa Engracia del Jubera) y siete en La Rioja Baja (Aldeanueva de Ebro, Alfaro, Calahorra, Cervera-Cabretón, Igea, Quel-Autol y Rincón de Soto). Todas las estaciones están equipadas con sensores de temperatura del suelo, humectación, humedad relativa, temperatura del aire, anemómetro, pluviómetro de cazoletas, sensor de radiación y datalogger para la programación y almacenamiento de datos.

A pesar de esta densa red meteorológica, no fue posible obtener información sobre la intensidad de las lluvias, por lo que quedó descartada la aplicación del índice EI_{30} (R) de la RUSLE.

Por otro lado, existen escasas investigaciones sobre erosividad de la lluvia en La Rioja. Algunos trabajos abordan este aspecto de forma tangencial. Así, por ejemplo, los trabajos de Ruiz Flaño *et al* (2006) y Arnáez *et al* (2012) demostraron, mediante

simulaciones de lluvia, la importancia de la intensidad de las precipitaciones en la generación de escorrentía y pérdidas de suelos en viñedos riojanos. Beguería *et al* (2008), a partir del análisis de series pluviométricas de 32 años, estudiaron la distribución y características de los eventos extremos de precipitación en La Rioja, poniendo de manifiesto la marcada estacionalidad de estos eventos, más intensos y duraderos en invierno.

Así, fue necesario buscar alternativas que nos permitiesen una aproximación al factor R a partir de los datos existentes. Las opciones de trabajo fueron el Índice de Agresividad Hídrica (ICONA, 1988), el Índice de agresividad de la lluvia de Fournier (IF) y el Índice modificado de Fournier (IMF).

A) Índice de Agresividad Hídrica (ICONA, 1988)

En 1988 el Instituto para la Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Agricultura (ICONA) estimó una serie de ecuaciones de regresión, para diferentes regiones del territorio nacional, que viniesen a sustituir a EI_{30} (R) de Wischmeier y Smith. A la Cuenca del Ebro le corresponde la expresión:

$$R = E^{-0,834} * (PMEX)^{1,314} * (MR)^{-0,388} * (F24)^{0,563}$$

Donde PMEX es el valor medio de las series anuales de lluvias mensuales máximas; MR es la precipitación media del período octubre-mayo; F24 es el cociente entre la máxima diaria anual, elevada al cuadrado, y la suma de las máxima diarias de todos los meses del año.

Un aspecto importante para la aplicación de esta fórmula es disponer de varias series anuales de información pluviométrica, por lo menos diez años, para estimar los valores PMEX y MR. Sin embargo, esta condición no se da en la totalidad de las estaciones riojanas, ya que hasta la fecha de inicio de este estudio (2011) solo las de Agoncillo (enero de 1989), Aldeanueva de Ebro (septiembre de 1997) y Logroño (marzo de 1999) disponen de registros que abarcan por lo menos una década. La ausencia de información y la imposibilidad de considerar estas tres estaciones representativas de todo el conjunto regional hicieron que rechazásemos el índice de Agresividad Hídrica, propuesto por el ICONA, como alternativa para la estimación del factor R.

Por otra parte, no está de más reseñar que en la publicación del mencionado Instituto, se establecen una serie de valores de R para diferentes observatorios españoles, entre

ellos Cuzcurrita de río Tirón (R = 40), Haro (R = 54), San Asensio (R = 52), Logroño (R = 65), Embalse de González Lacasa (R = 75), Agoncillo (R = 33), El Redal (R = 39) y Rincón de Soto (R = 36).

B) Índice de agresividad de la lluvia de Fournier (IF)

El índice de agresividad de la lluvia de Fournier (1960) es una ecuación de aplicación sencilla que ofrece resultados equiparables a los del factor EI_{30} (R) de Wischmeier y Smith (ICONA, 1988; Jordan *et al*, 2000). Su formulación es:

$$IF = p^2 / P$$

donde p es la precipitación del mes más lluvioso al cuadrado (mm) y P la precipitación total anual (mm).

Como indican Guerra y López Vera (1985), en zonas de clima semiárido, como lo es buena parte de Rioja Baja, el cálculo de IF debe hacerse anualmente y no con valores medios de series anuales, ya que se atenuarían las variaciones estacionales.

En su publicación sobre la agresividad de la lluvia en España (1988), el ICONA utilizó la fórmula de Fournier para regionalizar el factor R y trazar un mapa de isoerodentas que reflejase su distribución nacional. En la Fig 4.1, se reflejan los valores de R estimados para La Rioja. Estos valores se encuentran en el rango 20-30, situándose el valor más bajo, 20, en La Rioja Alta.

Antes de seleccionar esta opción como la mejor aproximación para el cálculo de R en La Rioja, se optó por comprobar la correspondencia entre los resultados de las series anuales de IF obtenidos por el ICONA en 1988 (donde no se especifica el intervalo de años analizados) y los resultados de series pluviométricas más actuales. En la publicación del ICONA, se seleccionaron ocho observatorios para caracterizar la erosividad en La Rioja: Cuzcurrita de río Tirón, Haro, San Asensio, Logroño, Embalse de González Lacasa (Ortigosa de Cameros), Agoncillo, El Redal y Rincón de Soto. Esta cifra resulta escasa para englobar el total de la región, sobre todo si se tiene en cuenta que, salvo el observatorio de González Lacasa, casi todos ellos se encuentra en el valle. En base a los mismos emplazamientos, y a partir de series pluviométricas quinquenales (2005-2010), formulamos nuevamente el Índice de agresividad de la lluvia de Fournier (Tabla 4.1).

Fig 4.1. Isolíneas del Factor de Fournier. Escala: 1: 1.000.000 (ICONA, 1988)

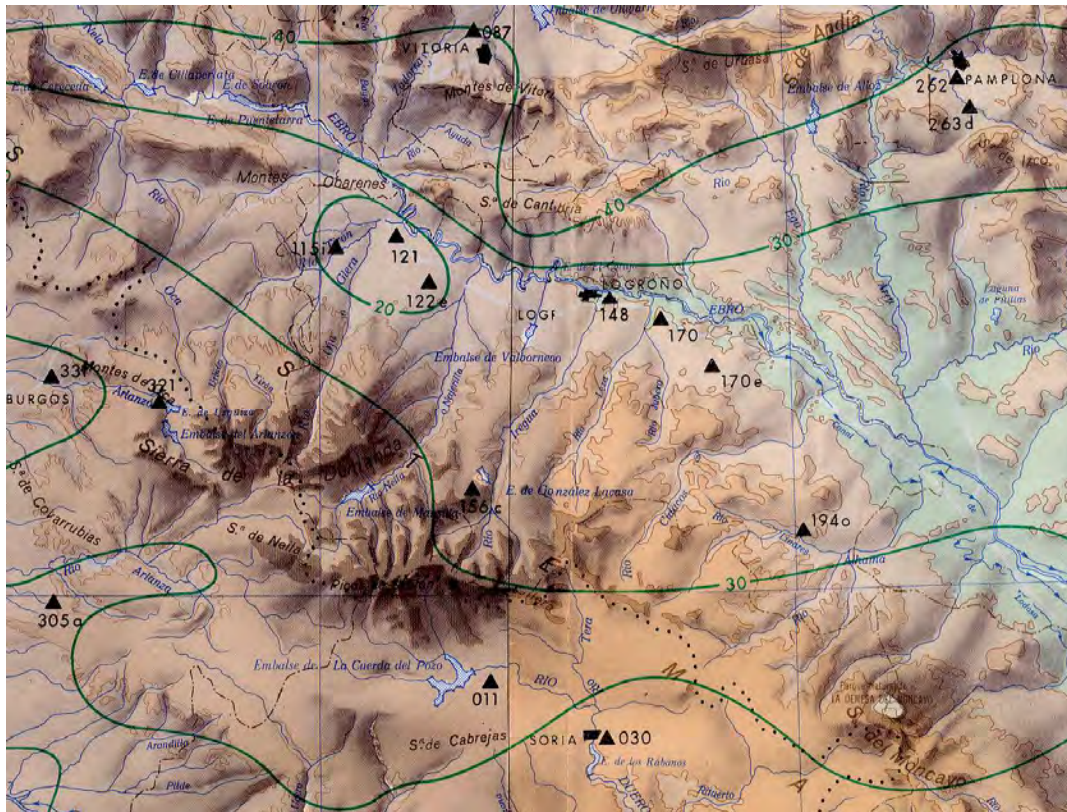


Tabla 4.1. Comparativa entre los valores medios anuales del índice de agresividad de la lluvia de Fournier (ICONA, 1988) y los valores medios de series actuales (2005-2010)

| Nº | Observatorio | IF (ICONA) | IF (Propio) |
|-------|-------------------------|------------|-------------|
| 9115i | Cuzcurruta de río Tirón | 19 | 22,58 |
| 9121 | Haro | 19 | 25,62 |
| 9122e | San Asensio | 17 | 22,44 |
| 9148 | Logroño (Centro) | 19 | 25,91 |
| 9156c | Embalse Gzlez Lacasa | 27 | 18,92 |
| 9170 | Agoncillo | 22 | 22,81 |
| 9170e | El Redal | 25 | 28,21 |
| 9194o | Rincón de Soto | 21 | 22,52 |

Como puede apreciarse en la tabla, los dos valores de IF (el obtenido por el ICONA y el nuestro propio) guardan una estrecha relación entre sí, de manera que la elección de esta fórmula como sustituta del EI₃₀ de Wischmeier y Smith (1978) podría estar justificada. No obstante, hay que tener en cuenta que el Índice de Fournier únicamente establece la erosividad anual. Como se evidenciará en el apartado del Factor C (Cubierta

vegetal), para obtener el valor del subfactor SR (Rugosidad de la Superficie), es interesante establecer el factor R anual medio, pero también la distribución mensual del mismo (Almorox *et al*, 2006). Para disponer de los valores de erosividad de cada uno de los meses se propone la revisión que Arnoldus (1978) hace del Índice de Fournier (IMF).

C) Índice Modificado de Fournier (IMF)

El Índice Modificado de Fournier es la corrección que Arnoldus (1978) hace del anterior. En él, además de la precipitación del mes más húmedo, se tiene en cuenta la precipitación del resto de los meses mediante la siguiente fórmula:

$$IMF = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P_t}$$

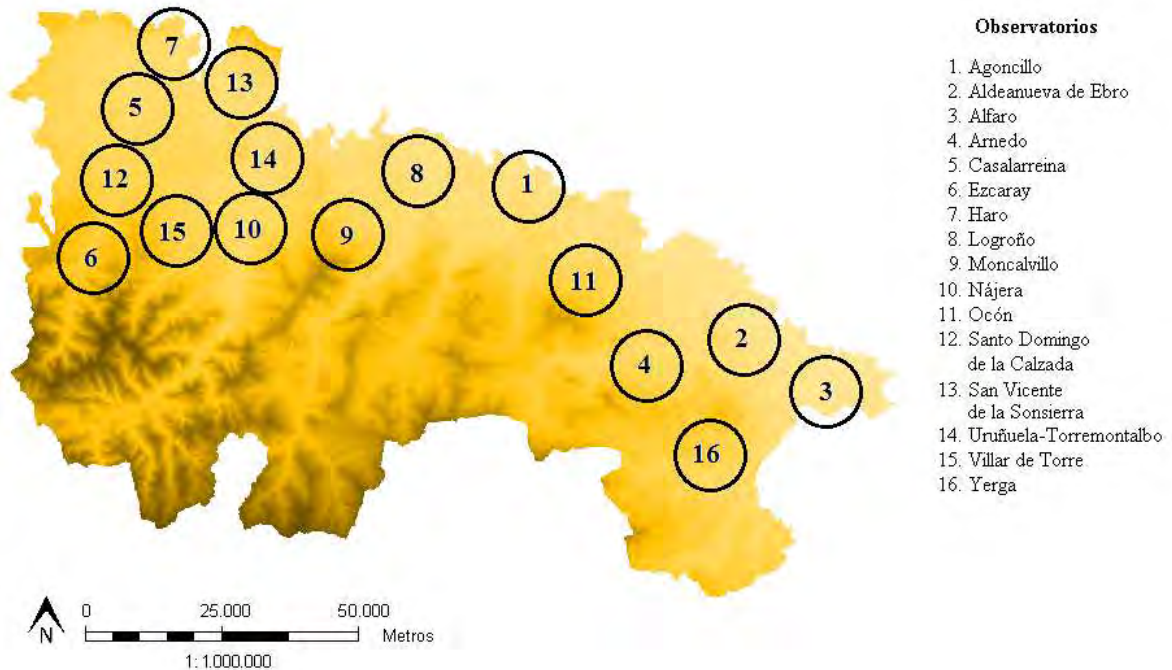
donde Σ es la sumatoria de la precipitación mensual al cuadrado (p_i^2) entre la precipitación anual (P_t).

Autores como Bergsma (1980), Bolline *et al* (1980), Gabriels *et al* (1986) analizaron la propuesta de Arnoldus mediante su aplicación a diferentes espacios europeos (Países Bajos, Bélgica, etc), concluyendo que los resultados guardaban gran correlación con el índice EI_{30} de la USLE. Estos y otros trabajos avalan la validez de IMF como método de cálculo alternativo a EI_{30} . No hay que restar importancia al hecho de que esta ecuación ofrece la posibilidad de obtener la erosividad de cada uno de los meses de la serie, necesaria para el cálculo del factor C. Por ello, el Índice Modificado de Fournier es la fórmula utilizada en este trabajo para obtener el factor R.

4.1.2. Erosividad de las precipitaciones en La Rioja

Con el fin de estimar IMF al detalle, se seleccionaron aquellas estaciones meteorológicas y agroclimáticas que hubiesen recogido información pluviométrica de forma continuada en un mismo lapso de tiempo. Tras una detallada evaluación de los 38 observatorios que integran la red pluviométrica riojana, en la que se consideró el equipamiento de los mismos, el emplazamiento geográfico, la altitud y la fecha de instalación, se decidió adoptar el sexenio comprendido entre 2005 y 2011 como periodo de estudio. La elección de este intervalo no es circunstancial, puesto que es a partir de 2005 cuando el número de estaciones en activo que se encuentran almacenando series

de datos es considerable, ofreciendo además una cobertura espacial completa, aunque irregular, para el agro riojano. Las características de las estaciones seleccionadas, así como su localización, pueden consultarse en la Tabla 4.2 y en el Mapa 4.1.



Mapa 4.1. Localización de las estaciones meteorológicas

A través de la información pluviométrica digital facilitada por el Servicio de Información Agroclimática del Gobierno de La Rioja (SIAR) y el Servicio Meteorológico de la Comunidad Autónoma de La Rioja (SOS-Rioja), se obtuvieron las series pluviométricas de 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 en cada uno de los 16 observatorios (Tabla 4.3).

Con los valores mensuales de precipitación se calcularon los promedios de erosividad mensual y anual del intervalo 2005-2011 (Tabla 4.4). Con la ayuda de un SIG (GvSig), se georreferenció el emplazamiento de las estaciones para conocer la distribución global de las variables mediante la interpolación del valor promedio de $IMF=R$ (Mapa 4.2).

Tabla 4.2. Características y descripción de los observatorios

| Estaciones | Organismo responsable | Cobertura espacial de zonas | Altitud (msnm) | Coordenadas UTM | Fecha de instalación |
|-----------------------------|-----------------------|--|----------------|-----------------|----------------------|
| Agoncillo | SIAR | Curso bajo del Leza-Jubera | 342 | 558332/4702004 | 1-1989 |
| Aldeanueva de Ebro | SIAR | Los Agudos, Planas Altas, Planas Bajas | 365 | 590380/4675072 | 9-1997 |
| Alfaro | SIAR | Valle medio del Ebro (Rioja Baja) | 315 | 600988/4667389 | 9-2002 |
| Arnedo | SOS Rioja | Valle del Cidacos, Depresión de Arnedo | 545 | 575167/4676265 | 16-2-2001 |
| Casalarreina | SIAR | Curso bajo del Oja | 510 | 508466/4709688 | 11-2001 |
| Ezcaray | SOS Rioja | Curso alto del Oja, Montes de Yuso, Montes de Ayago | 1000 | 499552/4686914 | 3-9-2001 |
| Haro | SOS Rioja | Valle medio del Ebro (Rioja Alta) | 460 | 513056/4713035 | 16-9-2001 |
| Logroño | SIAR | Valle medio del Ebro (Rioja Media) | 465 | 540001/4698711 | 4-2004 |
| Moncalvillo | SOS Rioja | Valle del Iregua, Sierra de Moncalvillo | 1495 | 531525/4686160 | 26-9-2002 |
| Nájera | SOS Rioja | Curso medio del Najerilla | 510 | 523212/4696522 | 15-9-2001 |
| Ocón | SOS Rioja | Valle de Ocón, Sierra La Hez | 1105 | 563272/4682107 | 12-9-2001 |
| Santo Domingo de la Calzada | SIAR | Curso medio del Oja | 640 | 504852/4698068 | 4-2001 |
| San Vicente de la Sonsierra | SIAR | Sierra de Obarenes-Cantabria | 543 | 521952/4712758 | 7-2004 |
| Uruñuela-Torremontalbo | SIAR | Curso bajo del Najerilla | 465 | 523622/4701100 | 4-2003 |
| Villar de Torre | SIAR | Valle de San Millán, Valle de Cañas, Sierra de Pradilla | 727 | 511555/4692040 | 4-2001 |
| Yerga | SOS Rioja | Valle del Alhama, valle del Linares, Sierras de Yerga-Peñalosa, Sierra de Alcarama | 1101 | 584943/4666139 | 14-9-2001 |

Tabla 4.3. Precipitaciones medias mensuales y anuales entre 2005 y 2011

| Estaciones | En | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | Anual |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Agoncillo | 27,5 | 33,6 | 42,0 | 47,3 | 61,1 | 57,2 | 22,5 | 8,3 | 34,5 | 37,8 | 46,2 | 35,3 | 453,7 |
| Aldeanueva de Ebro | 21,8 | 25,9 | 43,5 | 49,3 | 73,7 | 32,6 | 14,9 | 15,3 | 24,6 | 35,0 | 49,6 | 27,9 | 414,5 |
| Alfaro | 21,1 | 21,4 | 37,1 | 48,3 | 58,6 | 23,1 | 9,9 | 8,8 | 29,5 | 35,2 | 43,7 | 24,7 | 361,8 |
| Arnedo | 16,2 | 19,9 | 24,9 | 36,5 | 46,4 | 41,2 | 21,3 | 10,9 | 44,0 | 34,6 | 43,2 | 22,1 | 361,5 |
| Casalarreina | 26,3 | 32,7 | 42,5 | 46,3 | 58,4 | 47,9 | 12,7 | 13,1 | 20,8 | 48,3 | 52,1 | 48,2 | 449,7 |
| Ezcaray | 43,7 | 65,1 | 45,0 | 60,4 | 77,7 | 49,7 | 23,2 | 19,3 | 30,6 | 86,8 | 93,0 | 39,1 | 633,9 |
| Haro | 21,1 | 26,8 | 35,3 | 30,8 | 47,3 | 37,8 | 7,61 | 10,0 | 20,8 | 44,8 | 39,4 | 40,1 | 362,2 |
| Logroño | 23,8 | 31,6 | 41,2 | 47,2 | 60,9 | 58,9 | 16,9 | 9,1 | 21,1 | 40,7 | 49,3 | 37,4 | 438,4 |
| Moncalvillo | 35,4 | 35,6 | 55,4 | 72,5 | 65,5 | 53,5 | 38,9 | 25,4 | 40,6 | 66,6 | 66,9 | 47,4 | 604,0 |
| Nájera | 21,6 | 23,1 | 32,8 | 37,5 | 55,4 | 40,9 | 14,4 | 9,6 | 20,2 | 40,3 | 47,8 | 30,3 | 374,1 |
| Ocón | 10,2 | 17,2 | 23,0 | 49,3 | 64,9 | 44,7 | 18,8 | 14,7 | 27,6 | 38,0 | 38,1 | 22,7 | 369,2 |
| Santo Domingo de la Calzada | 25,3 | 31,5 | 37,9 | 53,4 | 79,2 | 52,5 | 16,3 | 13,4 | 22,7 | 48,7 | 51,7 | 41,9 | 474,9 |
| San Vicente de la Sonsierra | 35,0 | 45,5 | 58,8 | 54,5 | 51,6 | 46,9 | 9,0 | 12,5 | 23,5 | 57,0 | 69,0 | 55,5 | 419,2 |
| Uruñuela-Torremonalbo | 28,3 | 31,8 | 42,9 | 42,1 | 54,7 | 56,3 | 12,0 | 9,3 | 22,9 | 42,9 | 54,9 | 41,9 | 440,3 |
| Villar de Torre | 30,9 | 36,9 | 36,9 | 57,5 | 75,3 | 73,4 | 27,9 | 13,2 | 26,1 | 50,6 | 61,2 | 43,4 | 533,6 |
| Yerga | 13,7 | 19,7 | 25,3 | 36,9 | 67,9 | 28,6 | 16,1 | 11,6 | 25,7 | 25,1 | 30,4 | 20,7 | 321,9 |

Los resultados obtenidos evidencian un comportamiento diferenciado y de marcado contraste entre los espacios occidentales, de carácter más oceánico, las tierras orientales, de rasgos mediterráneos propios de la Depresión, y las zonas montañosas, afectadas por el gradiente orográfico (Cuadrat, 1994). Conforme se desciende desde el oeste y las sierras del sur hacia el eje del Ebro disminuyen el volumen de las precipitaciones y lo hacen también las tasas de erosividad asociadas. En el sector de los ríos demandinos, comprendido en el interfluvio del Oja-Tirón y el Najerilla, el promedio de pluviosidad anual es de 436,29 mm, con una tasa de erosividad media de 56,81 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. En la ribera del Ebro, el promedio anual de lluvia es ligeramente inferior, de 405,98 mm, y en la misma medida desciende la erosividad asociada (53,91 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹). En el Sistema Ibérico las precipitaciones son más abundantes. Las lluvias de los observatorios de Ezcaray (Sierra de la Demanda) y Moncalvillo (Sierra de Moncalvillo), situados a 1.000 y 1.495 metros respectivamente, son de 633,99 y 604,03 mm anuales para el periodo estudiado, ofreciendo también los valores regionales más altos de R media anual (96,29 y 70,08 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹), que se localizan en el área de

influencia de ambas estaciones. Especial atención merecen los observatorios de Ocón y Yerga, que, si bien están emplazados al igual que los anteriores por encima de los 1000 metros, reciben un menor volumen de precipitaciones (369,2 y 321,9 mm) debido a la influencia de los flujos atmosféricos mediterráneos que afectan a la montaña suroriental. Los valores de R calculados para su zona de influencia son dispares ($52,6 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Ocón y $45,78 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Yerga), siendo éste último el rango más bajo del conjunto regional.

Tabla 4.4. Valores anuales de IMF para el intervalo 2005-2011 en La Rioja

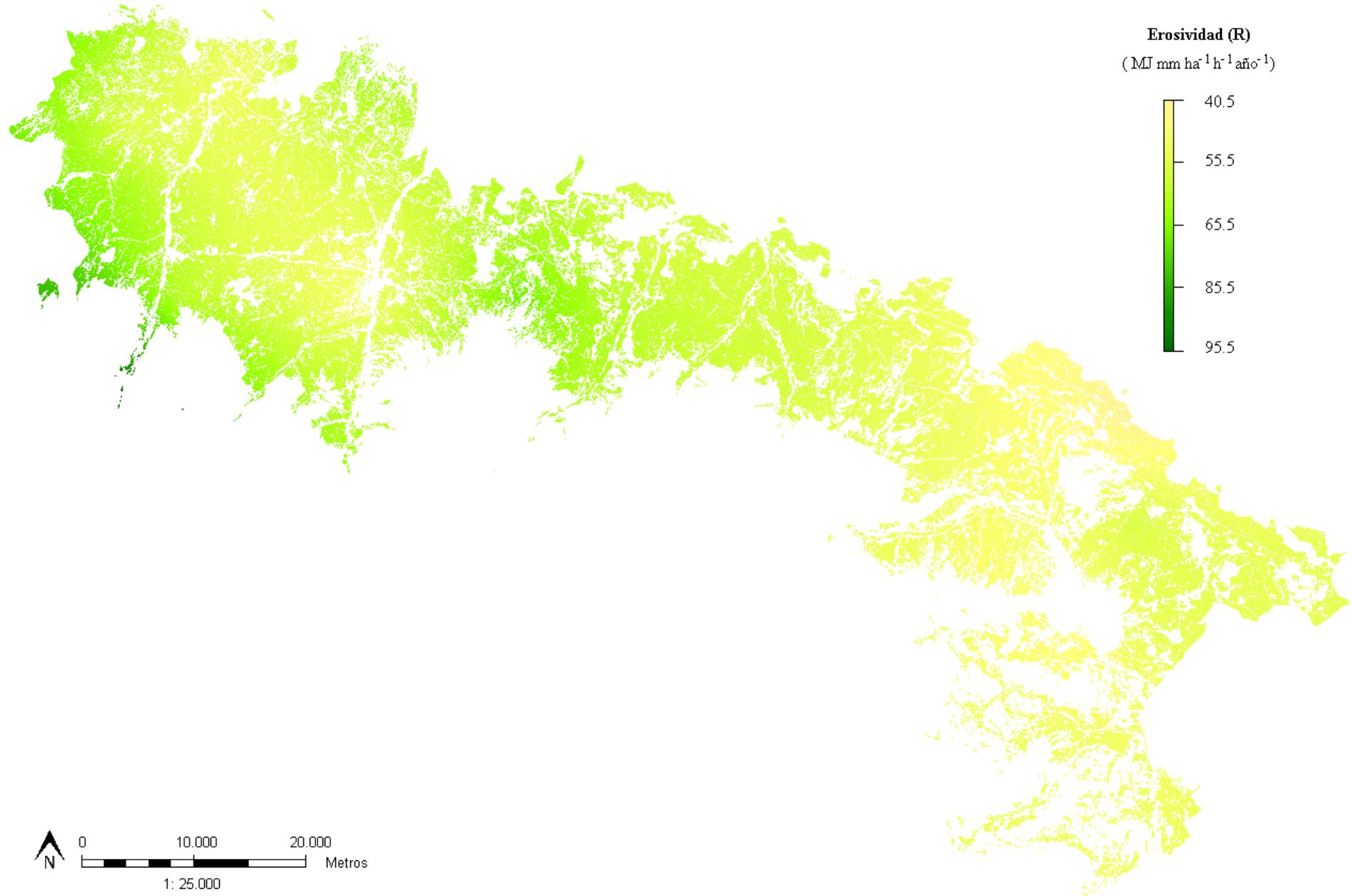
| Estaciones | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Pmed |
|-----------------------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Agoncillo | 47,83 | 53,35 | 72,20 | 107,04 | 47,02 | 30,95 | 38,10 | 56,64 |
| Aldeanueva de Ebro | 65,79 | 49,67 | 72,75 | 84,59 | 41,43 | 27,06 | 46,69 | 55,43 |
| Alfaro | 52,90 | 55,50 | 68,09 | 64,90 | 42,00 | 26,50 | 51,52 | 51,63 |
| Arnedo | 63,10 | 101,23 | 43,35 | 59,75 | 34,19 | 18,35 | 23,95 | 49,13 |
| Casalarreina | 59,92 | 44,22 | 60,32 | 87,10 | 49,98 | 44,90 | 37,02 | 53,38 |
| Ezcaray | 124,95 | 199,62 | 75,03 | 106,76 | 63,91 | 56,15 | 47,61 | 96,29 |
| Haro | 73,88 | 43,16 | 46,78 | 92,93 | 39,50 | 33,30 | 25,37 | 50,70 |
| Logroño | 49,98 | 47,38 | 66,65 | 96,81 | 47,62 | 55,24 | 33,32 | 56,72 |
| Moncalvillo | 85,79 | 78,39 | 79,04 | 85,61 | 56,70 | 46,97 | 58,07 | 70,08 |
| Nájera | 66,19 | 44,58 | 54,58 | 76,12 | 38,03 | 37,36 | 28,19 | 49,29 |
| Ocón | 59,41 | 59,22 | 59,33 | 94,03 | 28,02 | 25,38 | 42,84 | 52,60 |
| Santo Domingo de la Calzada | 70,27 | 51,31 | 56,75 | 107,37 | 46,28 | 51,04 | 43,58 | 60,94 |
| San Vicente de la Sonsierra | 70,08 | 48,01 | 67,63 | 88,71 | 60,75 | 57,07 | 53,83 | 63,73 |
| Uruñuela-Torremontalbo | 61,77 | 41,14 | 64,84 | 89,83 | 47,45 | 43,65 | 35,16 | 54,83 |
| Villar de Torre | 67,70 | 55,07 | 58,98 | 105,67 | 49,53 | 57,08 | 58,97 | 64,81 |
| Yerga | 58,02 | 48,33 | 44,55 | 82,84 | 30,81 | 21,12 | 34,81 | 45,78 |

Los ratios mensuales medios ofrecen mayor variabilidad, ya que muestran el marcado carácter estacional de las precipitaciones (Tabla 4.5). La mediana global de $4,47 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ es superada en los meses de marzo, abril y mayo (primavera), junio (principios de verano), octubre y noviembre (principios de invierno). El mes de mayo registra los máximos valores de IMF, ya que es el mes más húmedo del intervalo estudiado, siendo el promedio de erosividad de $11,98 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Por otra parte, los índices de erosividad más bajos se identifican con el periodo estival (entre julio y septiembre) y gran parte del invierno (diciembre, enero y febrero).

Tabla 4.5. Valores mensuales medios de IMF para el intervalo 2005-2011 en La Rioja

| Estaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Agoncillo | 2,36 | 3,31 | 5,54 | 5,73 | 12,09 | 8,20 | 1,93 | 0,22 | 3,52 | 4,11 | 6,19 | 3,44 |
| Aldeanueva de Ebro | 1,68 | 2,23 | 7,56 | 6,91 | 15,61 | 3,08 | 0,76 | 1,15 | 2,85 | 3,54 | 7,44 | 2,62 |
| Alfaro | 1,69 | 1,73 | 6,91 | 8,23 | 11,67 | 1,96 | 0,47 | 0,35 | 4,94 | 4,50 | 6,89 | 2,30 |
| Arnedo | 1,09 | 1,28 | 2,70 | 4,68 | 7,59 | 6,46 | 1,74 | 0,54 | 8,78 | 5,05 | 7,25 | 1,97 |
| Casalarreina | 1,81 | 3,16 | 4,97 | 5,38 | 10,19 | 6,60 | 0,79 | 0,42 | 1,32 | 6,00 | 7,37 | 6,77 |
| Ezcaray | 4,82 | 10,06 | 4,12 | 6,35 | 14,14 | 4,32 | 1,03 | 0,67 | 1,55 | 18,77 | 26,99 | 3,47 |
| Haro | 1,75 | 2,84 | 4,73 | 3,54 | 10,13 | 4,97 | 0,25 | 0,35 | 2,59 | 8,00 | 5,67 | 5,87 |
| Logroño | 1,93 | 3,43 | 5,07 | 5,71 | 11,85 | 10,19 | 1,22 | 0,27 | 1,37 | 4,90 | 6,75 | 4,04 |
| Moncalvillo | 2,65 | 2,29 | 7,04 | 9,76 | 8,75 | 6,64 | 3,84 | 1,65 | 3,54 | 8,51 | 10,31 | 5,12 |
| Nájera | 1,68 | 2,01 | 4,08 | 4,11 | 11,08 | 6,50 | 0,84 | 0,38 | 1,60 | 5,96 | 8,04 | 3,01 |
| Ocón | 0,46 | 1,02 | 2,16 | 9,19 | 14,58 | 7,90 | 1,20 | 1,25 | 2,65 | 5,13 | 5,54 | 1,84 |
| Santo Domingo de la Calzada | 1,84 | 2,63 | 3,40 | 6,82 | 16,54 | 7,54 | 1,00 | 0,45 | 1,25 | 6,56 | 7,78 | 5,14 |
| San Vicente de la Sonsierra | 2,92 | 5,07 | 8,20 | 6,71 | 7,35 | 5,46 | 0,36 | 0,36 | 1,71 | 7,84 | 10,38 | 7,36 |
| Uruñuela-Torremontalbo | 2,46 | 3,27 | 5,72 | 4,57 | 9,98 | 7,94 | 0,61 | 0,23 | 1,61 | 5,04 | 8,33 | 5,06 |
| Villar de Torre | 2,50 | 3,15 | 2,85 | 6,74 | 13,88 | 11,06 | 3,05 | 0,38 | 1,59 | 6,03 | 8,94 | 4,54 |
| Yerga | 0,88 | 1,54 | 3,46 | 5,11 | 16,21 | 2,97 | 1,01 | 0,86 | 3,63 | 3,19 | 4,90 | 2,02 |
| Promedio | 2,03 | 3,03 | 4,91 | 6,22 | 11,98 | 6,36 | 1,26 | 0,59 | 2,78 | 6,45 | 8,67 | 4,04 |

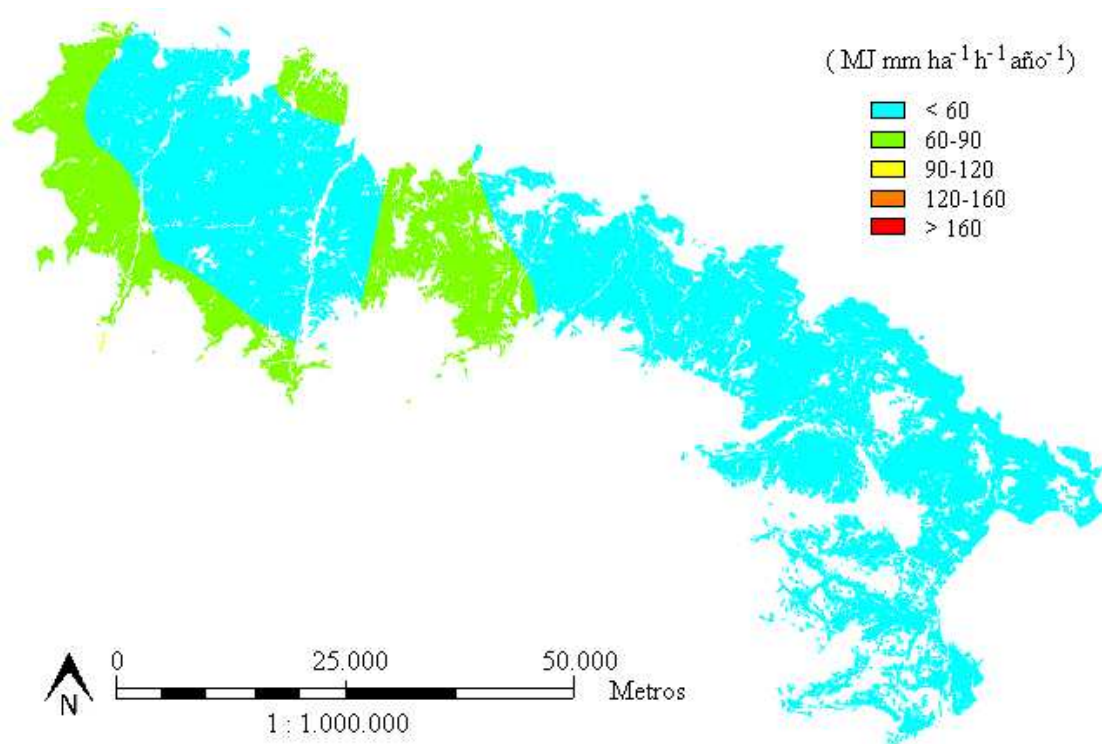
Los valores obtenidos han sido comparados con los ofrecidos por el programa CORINE (COordination INformation Environment). Este programa fue promovido por la Comunidad Europea en 1992 para la evaluación del riesgo de erosión y la calidad del suelo. De acuerdo a la clasificación de rangos de erosividad establecida por el mismo (Tabla 4.6), se considera que la erosividad es muy baja cuando su valor es inferior a 60 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹. En este rango se sitúa el 80,73% del espacio agrario riojano. Por su parte, el 19,25%, identificado con el piedemonte septentrional de la Sierra de La Demanda, el meridional de la Sierra Obarenes-Cantabria y el interfluvio Najerilla-Iregua, registra valores considerados bajos (entre 60 y 90 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹). Los valores moderados (entre 90 y 120 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹) representan el 0,009%, un porcentaje casi anecdótico localizado en torno al alto Oja y sus alrededores.



Mapa 4.2. Valores y distribución de la erosividad

Tabla 4.6. Clasificación de los valores de erosividad (CORINE, 1992)

| Clase | IMF | Rango |
|-------|---------|----------|
| 1 | < 60 | Muy baja |
| 2 | 60-90 | Baja |
| 3 | 90-120 | Moderada |
| 4 | 120-160 | Alta |
| 5 | > 160 | Muy alta |



Mapa 4.3. Rangos de erosividad del programa CORINE (1992)

4.1.3. Discusión

Como conclusión al cálculo de este factor, podríamos decir que es uno de los de mayor dificultad de obtención. Los datos necesarios para su estimación pocas veces se encuentran disponibles, por lo que su cálculo tiene que partir de datos más genéricos que aquellos para los que fue pensado. El caso de la Rioja no es diferente. A pesar de que existe una red meteorológica bastante completa, ésta dispone de un número limitado de pluviógrafos o de series cortas que impiden una adecuada estimación. Por ello se hace necesario recurrir a otras alternativas, más limitadas, para su cálculo. En esta

oportunidad hemos optado por el Índice Modificado de Fournier, pues permite conocer la erosividad anual pero también su distribución mensual. A pesar de las limitaciones, los resultados obtenidos parecen ser satisfactorios pues se encuentran en el mismo orden de magnitud que los obtenidos por otros autores para el ámbito mediterráneo.

Así por ejemplo se encuentran próximos a los de la Comunidad Valenciana, Cataluña, sureste de Andalucía, Cádiz, Soria, Sicilia, Calabria y sureste de Australia. Los valores obtenidos por Luis *et al* (1997) y Pascual *et al* (2001) en la Comunidad Valenciana a partir de series pluviométricas de 29 años se sitúan entre 23,8-88,02 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ y 23,4-96 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ respectivamente, siendo más frecuentes los valores cercanos a 60 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. En la región de Olsona (Cataluña), Alcañiz (2009) estableció, a partir de los registros bianuales de la estación meteorológica de Taradell, una tasa mínima de 5,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ y máxima de 115,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Mucho más dilatada en el tiempo es la serie pluviométrica analizada por Montesinos (2000) en la Cuenca del río Adra (Almería y Granada). Los valores de erosividad estimados a partir de mediciones en 20 y 25 años fueron del orden de 24,4-77,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹, rangos ligeramente más modestos que los establecidos por Jordan *et al* (2000) en el Campo de Gibraltar (Cádiz), con una tasa media de 120-160 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Igualmente interesantes son los ratios que Rodríguez García (2008) calculó en la Cuenca de Almazán (Soria) mediante el Índice de Agresividad de la lluvia del ICONA (1988). Si bien se trata de un sector de clima mediterráneo con fuerte influencia climática continental, los valores se mantienen cercanos a los de buena parte del entorno mediterráneo típico, entre 50-100 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Más elevados son los datos que los nueve métodos analizados por Angulo y Beguería (2009) estiman para la Cuenca del Ebro a partir de 111 series de precipitación, entre 1997 y 2006, situándose el espacio riojano en los intervalos 40-600 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ (Modelos A y B), 40-800 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ (Modelos C, D, E y F) y 40-1000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ (Modelos G y H)

En Sicilia (Italia), Agnese *et al* (2006) obtuvieron tasas mínimas de 44,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ y máximas de 214 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ a partir del análisis de 700 eventos erosivos ocurridos en un intervalo de nueve años, estableciéndose la media en 10,34 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Estos valores son mucho más elevados que los que Terranova *et al* (2009) calculan en la región de Calabria a partir de 3.120 eventos ocurridos entre 1997 y 1999, que oscilan entre 0 y 6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Las experiencias realizadas por Yu *et*

al (2009) en el sur de Italia (regiones de Apulia, Calabria, Campania, Basilicata y Sicilia) y sureste de Australia demostraron la estrecha relación de ambos escenarios por su similar comportamiento hidrológico, estimándose una tasa de erosividad de 65-300 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ en el primer escenario y de 40-80 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ en el segundo.

Hubiera sido de gran interés cotejar los valores de erosividad de La Rioja con los de Renschler *et al* (1999) y Martínez Casanovas *et al* (2002), quienes aplicaron el índice EI₃₀ en campos cultivados con trigo, girasol, guisante y judía verde en la cuenca malacitana de Guadalteba (Renschler), y en viñedos del Penedès (Martínez Casanovas). Sin embargo, estos autores basaron sus investigaciones en un único evento diario, de manera que no es posible una comparativa con los valores de erosividad anual de La Rioja.

4.2. Factor de erodibilidad del suelo (K)

La erodibilidad o erosionabilidad del suelo, es una propiedad compleja que refleja la facilidad con la que un éste es desagregado debido al impacto de las gotas de lluvia, a la escorrentía superficial o a ambos (López Vicente *et al*, 2006). El parámetro K de la RUSLE es el que hace referencia a la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica. Se expresa en $T\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ y está estrechamente relacionado con las propiedades físicas y químicas del suelo tales como el tipo de textura, estructura, porosidad, conductividad hidráulica, contenido en materia orgánica, etc.

En nuestro estudio, para el cálculo del factor K se ha utilizado la formulación algebraica del nomograma original de Wischmeier y Smith (1978), citada por Mannaerts (1999), que se expresa de la forma siguiente:

$$K = (1/7,594) * [2,1 * 10^{-4} * (12 - OM) * M^{1,14} + 3,25 (s - 2) + 2,5 (p - 3)] / 100$$

En la fórmula OM es el contenido en materia orgánica de un suelo. La materia orgánica ayuda a mantener la cohesión de las partículas del suelo, influye en la capacidad de retención del agua de lluvia, la infiltración y la escorrentía (Cerdà, 1998). Los suelos ricos en materia orgánica son más resistentes a la erosión y ayudan a mantener la reserva hídrica.

M se expresa, para Mannaerts (1999) como el producto de (% de limo + % de arena fina) * (100 + % de arena). Sin embargo este subfactor es interpretado de manera distinta por diferentes autores. Así Rennard *et al* (1996) lo estiman como el producto de (% de limo o, en su defecto, partículas entre 0,002 y 0,1 mm) * (% de limo + % de arena). Para Almorox *et al* (2010) se trata de (% de limo + % de arena fina) * (% de arena).

S hace referencia a la estructura, es decir, a la disposición de las partículas y agregados de un suelo. Wischmeier *et al* (1978) identifican cuatro clases de estructura, con valores de 1 a 4, en función del tamaño medio de sus agregados individuales (Tabla 4.7).

Tabla 4.7. Características del subfactor S

| Estructura (s) | Tamaño de la partícula | Valor | Texturas |
|-----------------------|-------------------------------|--------------|--|
| Muy fina | < 1mm | 1 | Arcillosa, arcillo arenosa y arcillo limosa |
| Fina | 1-2 mm | 2 | Franco arcillosa, Franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa |
| Media-gruesa | 2-5 mm | 3 | Franca, franco arenosa, franco limosa y limosa |
| Muy gruesa | > 5 mm | 4 | Arenosa y arenosa franca |

P se refiere a la permeabilidad o capacidad que tiene el suelo para ser traspasado por un fluido sin alterar su estructura interna. Dentro del modelo se identifican seis clases de permeabilidad, con valores de 1 a 6, en función de la velocidad de infiltración de la escorrentía: 1. Muy rápida (>15 cm/h); 2. Rápida (15-4 cm/h); 3. Moderada (4-2 cm/h); 4. Moderadamente lenta (2-0,5 cm/h); 5. Lenta (0,5-0,15 cm/h); y 6. Muy lenta ($<0,15$ cm/h). Para averiguar a qué clase de permeabilidad pertenece determinada textura de suelo puede utilizarse el nomograma de Wischmeier (Fig 4.2).

No obstante, hay que señalar que los valores de erodibilidad que se obtienen mediante las interpolaciones lineales de este último son aproximados y no tienen en cuenta porcentajes de materia orgánica superiores al 4%. Si bien su aplicación es limitada y el resultado final no estima valores exactos, el nomograma permite obtener fácilmente los códigos de las clases de estructura (s) y permeabilidad (p).

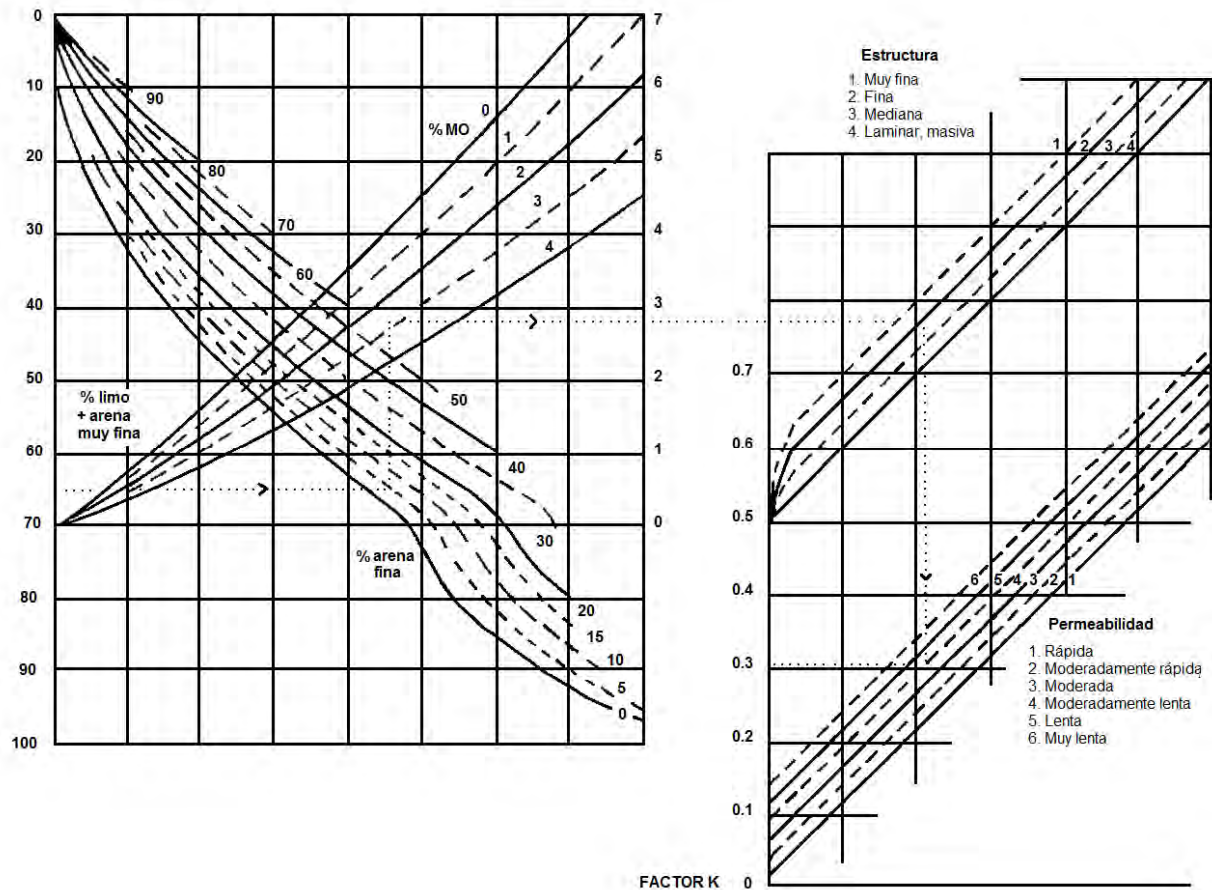


Fig 4.2. Nomograma de Wischmeier y Smith (1978)

4.2.1. Estimación del factor K

En las páginas siguientes se realiza la estimación del factor K en La Rioja, señalando las fuentes utilizadas y el procedimiento seguido para su obtención. En primer lugar se determinaron los tipos de suelo presentes en el área de estudio. A continuación, a partir de la información edáfica proporcionada por el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012), se definieron las características físico-químicas de los mismos. En una fase posterior, se establecieron diferentes unidades fisiográficas sobre las que elaborar una cartografía final de unidades homogéneas de suelos (UH) que facilitasen la generalización de los resultados dentro del área de estudio. Las unidades fisiográficas se realizaron en base a la información litoestratigráfica facilitada por el servicio cartográfico del Gobierno de La Rioja (IDERioja). El resultado final es una cartografía de unidades homogéneas de suelo que supone la reestructuración y asociación de toda la información edáfica y fisiográfica en unidades de suelo con características afines, facilita la asignación de la erodibilidad a distintos sectores del territorio y permite apreciar la compleja identidad del espacio agrícola riojano.

A) Información edáfica

La cartografía correspondiente a los suelos fue obtenida del Mapa de Suelos de la Provincia de Logroño realizado en 1970 por el Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología (Mapa 4.4). Los autores de esta cartografía emplearon el sistema de clasificación de suelos de la USDA Soil Taxonomy de 1938 (Baldwin *et al*, 1938), basado en las clasificaciones zonales utilizadas en la URSS por Dokuchaev (1883), pero incluyendo más tipos de suelo y adecuándolos a las condiciones particulares de EE.UU. Este sistema ha sido rechazado por su falta de realismo al centrarse más en los factores ambientales que en las propiedades de los suelos (Fitz Patrick, 1984). Hoy se considera obsoleto y ha sido reemplazado por formulaciones más modernas y de uso generalizado a nivel global, como la World Reference Base for Soil Resources (WRB) propuesta por la FAO/UNESCO en 1998 (Mapa 4.5). La WRB se basa en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes de diagnóstico y características que tienen en cuenta los procesos formadores sin aplicar parámetros climáticos para su definición (Tabla 4.8).

Las 32 clases de suelo originales identificadas en el Mapa de Suelos de la Provincia de Logroño se actualizaron siguiendo el esquema de la WRB, para ser reorganizadas en una fase posterior en trece unidades edáficas representativas del área de estudio (Mapa 4.6). Dentro de estas unidades se distinguen los diferentes tipos de suelo:

- Fluvisoles: Son suelos jóvenes desarrollados a partir de depósitos aluviales recientes de escasa evolución. Su contenido en materia orgánica es muy variable, aunque es menor conforme aumenta la profundidad. Se encuentran situados en buena parte de las llanuras aluviales y primeras terrazas de los ríos, en topografías llanas o levemente inclinadas.

- Cambisoles cálcicos: Los cambisoles son suelos en una etapa inicial de formación, que presentan cambios de color, estructura y consistencia. Los más representativos son los cambisoles cálcicos, que cuentan con una acumulación del 2% de carbonato cálcico entre los 25-50 cm de profundidad. Se trata de uno de los tipos de suelos más abundantes de toda la región, desarrollados fundamentalmente sobre margas, areniscas, arcillas y calizas.

- Leptosoles cálcicos: También llamados rendzinas, proceden de la disgregación de una roca madre rica en carbonato cálcico. Son suelos poco evolucionados, de

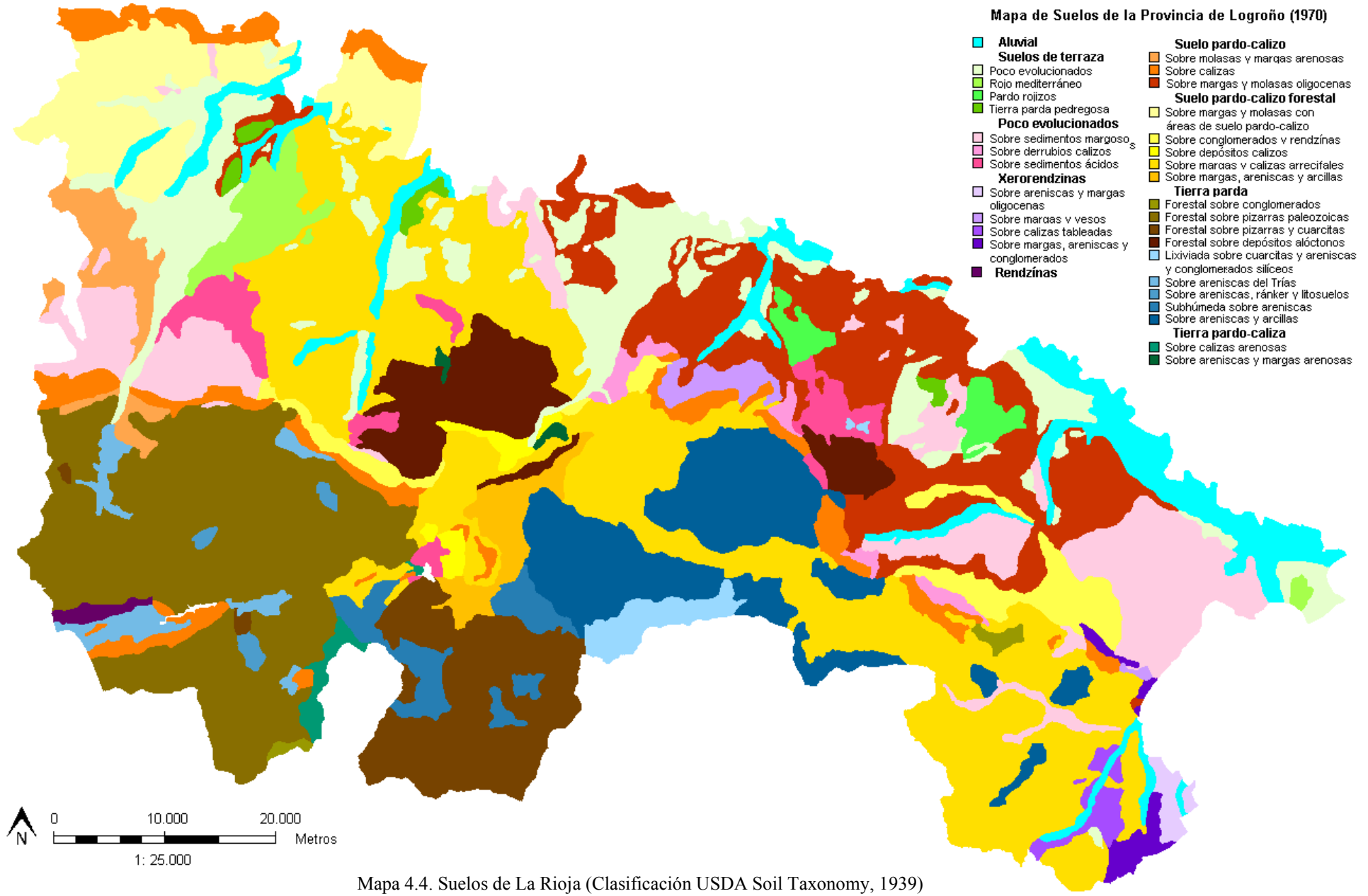
escasa profundidad y muy pedregosos. Están estrechamente relacionados con el material parental y son típicos de las áreas montañosas. Afloran en solitario en el sector del Lías en Sierra de la Demanda, y coligados junto a luvisoles crómicos y leptosoles líticos en las terrazas bajas de los ríos Oja y Najerilla. Por su escaso potencial son suelos poco atractivos para el cultivo.

– Leptosoles rendzínicos: Se encuentran sobre litologías carbonatadas del Neógeno, a lo largo de la Sierra de Moncalvillo y el este de la Sierra de la Hez, en las que afloran conglomerados poco consolidados y margas. Son suelos de bajo espesor, pero estables, con elevada capacidad de retención de agua y ricos en materia orgánica.

– Leptosoles líticos: Conocidos como litosuelos, se encuentran limitados en profundidad por una roca dura continua o una capa cementada dentro de los 10 primeros cm de profundidad. Aparecen siempre asociados a regosoles cálcicos, leptosoles cálcicos y cambisoles cálcicos.

– Regosoles cálcicos: Los regosoles son suelos someros, pobres en materia orgánica y de escasa evolución, desarrollados sobre materiales poco consolidados. Presentan carbonatos entre los 20-50 cm de superficie de suelo. Por su alta permeabilidad son fácilmente erosionables y liberan gran cantidad de sedimento. Son uno de los tipos de suelos más abundantes de La Rioja, habiéndose desarrollado a partir de margas, areniscas, yesos y calizas de naturaleza aluvial y aluvio-coluvial.

– Regosoles eútricos: Son regosoles ácidos, de textura equilibrada, con baja incorporación de materia orgánica. Su distribución es muy irregular, aunque se les puede observar en el Valle de Cañas, desembocadura del arroyo de Pedroso en el río Najerilla, curso del río Yalde entre Alesón y Manjarrés, embalse de Ortigosa y en el Valle de Ocón.



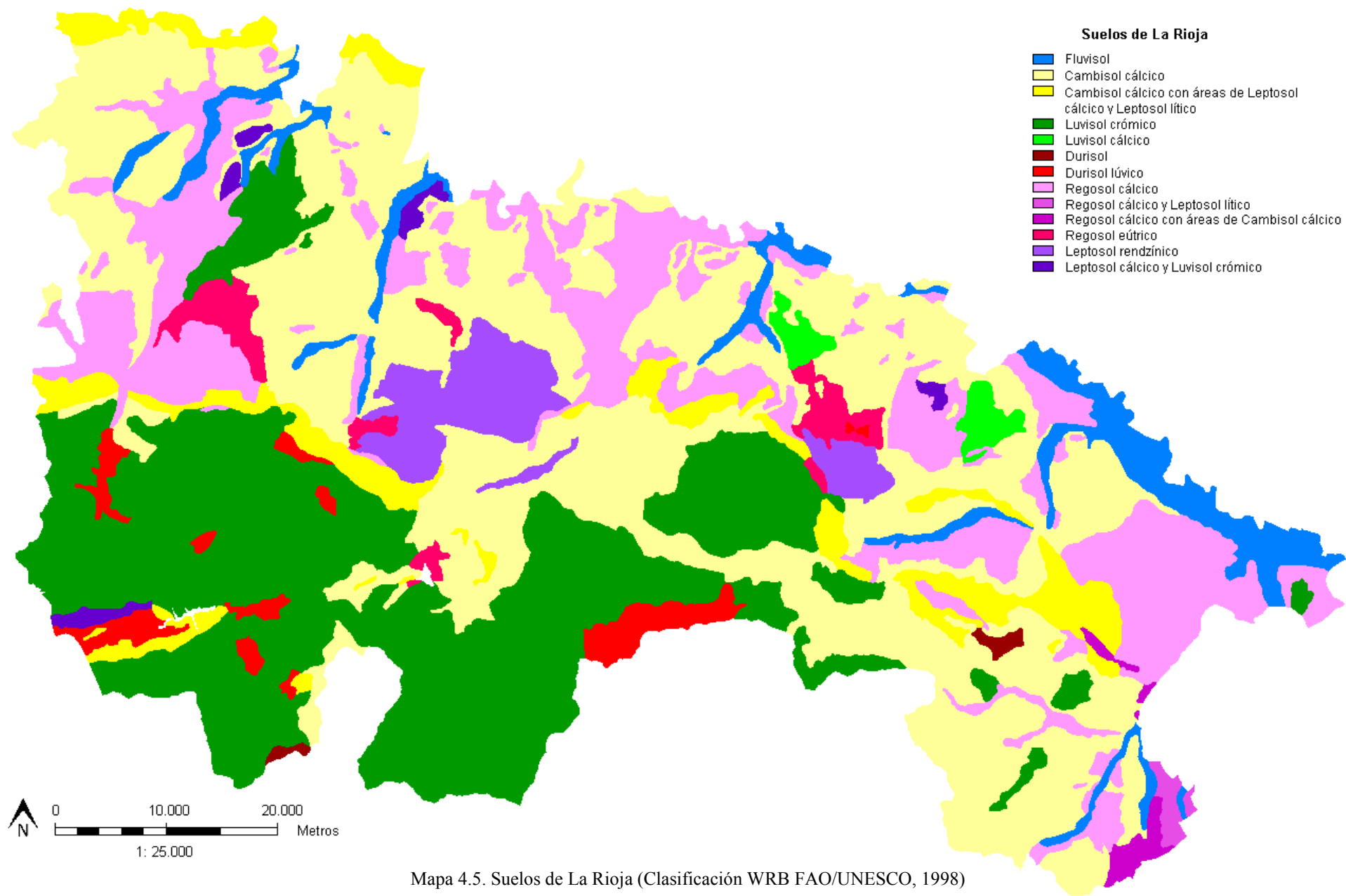
Mapa 4.4. Suelos de La Rioja (Clasificación USDA Soil Taxonomy, 1939)

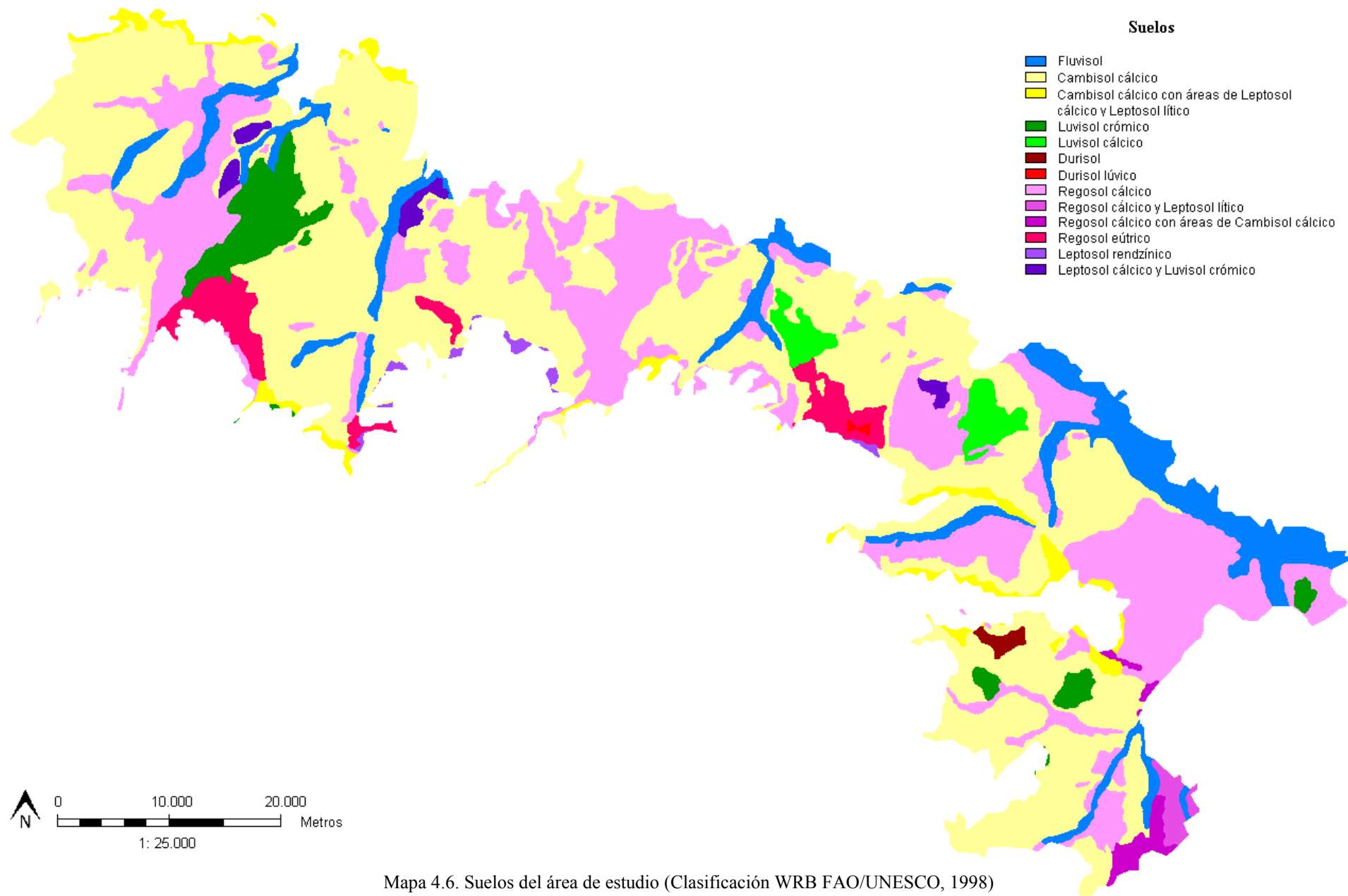
Tabla 4.8. Actualización de la USDA Soil Taxonomy (1939) con taxones WRB FAO/UNESCO (1998)

| USDA Soil Taxonomy (1938) | | USDA Soil Taxonomy (1999) | WRB FAO/UNESCO (1998) |
|-----------------------------|--|--|--|
| Grupos | Características | | |
| Aluvial | | Xerofluvent | Fluvisol |
| Suelos de terraza | Poco evolucionados. Calizos en las primeras terrazas o glacis | Xerorthent típico | Regosol cálcico |
| | Rojo mediterráneo con costra caliza en terrazas antiguas | Rhodoxeralf | Luvisol crómico |
| | Pardo rojizo con costra caliza en terrazas medias | Haploxeralf cálcico | Luvisol cálcico |
| | Tierra parda pedregosa sobre suelo rojo mediterráneo | Haploxeralf cálcico sobre Rhodoxeralf | Leptosol cálcico sobre Luvisol crómico |
| Suelo poco evolucionado | Sobre sedimentos margosos | Xerorthent típico | Regosol cálcico |
| | Sobre derrubios calizos de ladera | | |
| | Sobre sedimentos ácidos pedregosos | Xerorthent lítico | Regosol eútrico |
| Xerorendzinas | Sobre areniscas y margas con litosuelos | Xerorthent típico con Xerorthent lítico | Regosol cálcico con Leptosol lítico |
| | Sobre margas y yesos | Xerorthent típico | Regosol cálcico |
| | Sobre calizas tableadas | | |
| | Sobre margas, areniscas y conglomerados con suelo pardo-calizo | Xerorthent típico con áreas de Xerochrept calcixeróllico | Regosol cálcico con áreas de Cambisol cálcico |
| Rendzinas | Sobre calizas con áreas de Terra Fusca | Haploxeralf cálcico con áreas de Rhodoxeralf | Leptosol cálcico con áreas de Luvisol crómico |
| Suelo pardo-calizo | Sobre molasas y margas arenosas del Mioceno | Xerochrept calcixeróllico | Cambisol cálcico |
| | Sobre calizas con áreas de suelo pardo-calizo forestal, rendzinas y litosuelos | Xerochrept calcixeróllico con áreas de Haploxeralf cálcico y Xerorthent lítico | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico |
| | Sobre margas y molasas | Xerochrept calcixeróllico | Cambisol cálcico |
| Suelo pardo-calizo forestal | Sobre margas y molasas con áreas de suelo pardo-calizo | Xerochrept calcixeróllico | Cambisol cálcico |
| | Sobre conglomerados con áreas de rendzinas y litosuelos | Xerochrept calcixeróllico con áreas de Haploxeralf cálcico y Xerorthent lítico | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico |

Tabla 4.8. Actualización de la USDA Soil Taxonomy (1939) con taxones WRB FAO/UNESCO (1998). Continuación

| USDA Soil Taxonomy (1938) | | USDA Soil Taxonomy (1999) | WRB FAO/UNESCO (1998) |
|---------------------------------------|---|--|--|
| Grupos | Características | | |
| Suelo pardo-calizo forestal | Sobre potentes depósitos calizos | Xerochrept calcixeróllico | Cambisol cálcico |
| | Sobre margas y calizas arrecifales | | |
| | Sobre margas, areniscas y arcillas | | |
| Tierra parda | Forestal sobre conglomerados | Durixeroll | Durisol |
| | Forestal sobre depósitos pedregosos alóctonos | Haplustoll lítico | Leptosol rendíznico |
| | Lixiviada sobre areniscas, cuarcitas y conglomerados silíceos | Durixeralf | Durisol lúvico |
| | Sobre areniscas del Trías | | |
| | Sobre cuarcitas con áreas de Ranker y litosuelos | Durixeralf con áreas de Haploxerept lítico y Xerorthent lítico | Durisol lúvico con áreas de Leptosol eútrico y Leptosol lítico |
| | Forestal sobre pizarras | Rhodoxeralf | Luvisol crómico |
| | Sub-húmeda sobre areniscas y arcillas pizarrosas | | |
| | Sobre pizarras y cuarcitas | | |
| Meridional sobre areniscas y arcillas | | | |
| Tierra pardo-caliza | Sobre calizas arenosas | Xerochrept calcixeróllico | Cambisol cálcico |
| | Areniscas y margas arenosas | | |





– Luvisoles crómicos: Los luvisoles son suelos en los cuales la arcilla ha migrado, por lavado superficial, hasta un horizonte de acumulación en profundidad (horizonte argílico). Se desarrollan a partir de depósitos de materiales no consolidados de texturas granulares, que los hacen porosos y permeables. Los luvisoles crómicos se originan a partir de la descalcificación de rocas calizas y la posterior deposición de arcillas. Se encuentran ampliamente distribuidos en la margen derecha del aluvial del Oja y buena parte de la montaña meridional (Sierras de la Demanda, Urbión, Cebollera, Camero Viejo, la Hez, Achena, Peñalosa y Alcarama).

– Luvisoles cálcicos: Se caracterizan por concentrar carbonatos en los primeros 50 cm de profundidad. Tienen escasa representación en el conjunto regional, siendo exclusivos de pequeñas áreas aterrazadas cercanas a los cursos del Jubera, entre Murillo y Santa Engracia; y Cidacos, en la práctica totalidad del término de El Villar de Arnedo.

– Durisoles: Se trata de suelos endurecidos por la acumulación secundaria de sílice. Se desarrollan sobre depósitos aluviales y coluviales de todo tipo de textura, en topografías ligeramente inclinadas. Se encuentran en un pequeño sector de conglomerados al pie de la Sierra de Yerga y en el suroeste de los Picos de Urbión.

– Durisoles lúvicos: Son durisoles que cuentan con horizonte argílico. Se localizan en zonas montañosas en las que abunda la cuarcita, principalmente en la Sierra de la Demanda (cabeceras de los ríos Oja, Canales, Gatón y Najerilla) y la Sierra del Hayedo de Santiago.

Esta información sobre los tipos de suelo de La Rioja, y, en concreto, del área de estudio, ha sido completada posteriormente con información más específica sobre las características físicas y químicas de los mismos. En el año 2001 el Ministerio de Medio Ambiente inició los trabajos para la puesta en marcha del proyecto "Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012)" con el objeto de detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los principales procesos de erosión en el territorio nacional y estudiar su evolución en el tiempo. En 2003 se publicó el volumen correspondiente a La Rioja, en el que se inventariaron cinco módulos correspondientes a diferentes formas de erosión que afectan a la región: erosión laminar y en regueros, erosión en cárcavas y barrancos, movimientos en masa, erosión en cauces y erosión eólica.

Tabla 4.9. Superficie de los suelos del área de estudio

| Tipos de suelo | Superficie | |
|---|-----------------|-------|
| | Km ² | % |
| Cambisol cálcico | 886,42 | 50,88 |
| Regosol cálcico | 498,62 | 27,82 |
| Fluvisol | 166,44 | 9,28 |
| Luvisol crómico | 63,28 | 3,53 |
| Regosol eútrico | 53,35 | 2,97 |
| Luvisol cálcico | 37,04 | 2,06 |
| Cambisol cálcico + Leptosol cálcico + Leptosol lítico | 23,59 | 1,31 |
| Leptosol cálcico + Luvisol crómico | 19,46 | 1,08 |
| Regosol cálcico + Leptosol lítico | 11,69 | 0,65 |
| Regosol cálcico + Cambisol cálcico | 7,75 | 0,43 |
| Durisol | 2,85 | 0,15 |
| Leptosol rendzínico | 2,75 | 0,15 |
| Durisol lúvico | 0,42 | 0,02 |

Los trabajos de campo llevados a cabo en este estudio permitieron el análisis de 256 muestras de suelo que han resultado de gran utilidad para determinar las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas de La Rioja: materia orgánica, contenido y peso en seco de raíces, porcentaje de arcillas, limos y arenas, densidad, permeabilidad, estructura, espesor del horizonte orgánico y contenido en elementos gruesos; son algunos de los parámetros de los que se tiene información.

Así pues, y a partir de la información aportada por la base de datos de muestras de suelo del Inventario Nacional de Erosión de Suelos, se elaboraron unas primeras cartografías para caracterizar, inicialmente, los suelos del área de estudio y así llevar a cabo, en una fase posterior, una simplificación del mismo en unidades con características edáficas y fisiográficas comunes. Los datos que reflejan las cartografías siguientes (Mapas 4.7, 4.8 y 4.9) han sido recogidos en las tablas 4,10, 4,11 y 4,12 para facilitar su interpretación.

Tabla 4.10. Textura de los suelos del área de estudio

| Clasificación | Textura | Superficie | |
|------------------|------------------------|-----------------|-------|
| | | Km ² | % |
| Arcillosos | Arcillosa | 277,14 | 14,46 |
| | Arcillo limosa | 30,44 | 1,69 |
| Francos o medios | Franco arcillosa | 581,35 | 32,43 |
| | Franco arcillo arenosa | 112,30 | 6,26 |
| | Franco arcillo limosa | 12,97 | 1,04 |
| | Franca | 501,73 | 27,99 |
| | Franco limosa | 71,70 | 4,00 |
| | Franco arenosa | 214,56 | 11,97 |
| Arenosos | Arenosa franca | 2,88 | 0,16 |

Tabla 4.11. Estructura de los suelos del área de estudio

| Estructura (s) | Tamaño de la partícula | Valor | Superficie | |
|----------------|------------------------|-------|-----------------|-------|
| | | | Km ² | % |
| Muy fina | < 1 mm | 1 | 307,58 | 17,16 |
| Fina | 1-2 mm | 2 | 693,65 | 38,7 |
| Media-gruesa | 2-5 mm | 3 | 787,99 | 43,97 |
| Muy gruesa | > 5 mm | 4 | 2,88 | 0,16 |

Tabla 4.12. Permeabilidad de los suelos del área de estudio

| Permeabilidad (p) | Velocidad | Valor | Superficie | |
|---------------------|---------------|-------|-----------------|-------|
| | | | Km ² | % |
| Rápida o muy rápida | > 15 cm/h | 1 | - | - |
| Medianamente rápida | 15-4 cm/h | 2 | 2,88 | 0,16 |
| Moderada | 4-2 cm/h | 3 | 170,62 | 9,52 |
| Moderadamente lenta | 2-0,5 cm/h | 4 | 726,04 | 40,51 |
| Lenta | 0,5-0,15 cm/h | 5 | 584,98 | 32,64 |
| Muy lenta | < 0,15 cm/h | 6 | 307,59 | 17,16 |

Los suelos arenosos, en concreto los de textura arenosa franca (<15% de arcilla y >70% de arena), tienen escasa presencia en el área de estudio (2,88 km²), localizándose únicamente en el piedemonte norte de la Sierra de Peñalosa, en el término de Villarroya. Estos suelos son porosos y muy permeables (15-4 cm/h) y precarios en materia orgánica (0,52%). El agua se infiltra con gran velocidad, limitando su almacenamiento en el perfil de suelo y restringiendo el desarrollo de las plantas.

Los suelos arcillosos (>45% de arcilla) pueden encontrarse flanqueando los tramos bajos de los ríos o sobre superficies levemente inclinadas, e incluso llanas. Se reparten por el 16,15% del área de estudio (307,58 km²), en el sector de margas neógenas de la Rioja Alta, curso del río Tirón entre Tormantos y Cuzcurrita, primeras terrazas y llanura de aluvial del Oja desde Castañares de Rioja hasta su desembocadura en el río Ebro, la margen derecha del río Reláchigo entre Grañón y Villalobar de Rioja, cuencas de los ríos Tuerto y Valdecañas, primeras terrazas del Najerilla desde Hormilleja hasta su desembocadura en el Ebro a la altura de Torremontalbo, sector de glacis medios y bajos entre Murillo de río Leza y Galilea, en la zona yesífera instalada sobre glacis de Pradejón, Arnedo y Quel, y sobre tramos aislados del aluvial del Ebro en Cenicero, Huércanos, Fuenmayor y Alfaro. Son suelos que presentan baja permeabilidad (<0,15 cm/h), por lo que favorecen más la escorrentía. Los análisis de las muestras estiman un contenido medio de materia orgánica del 2,36%. Sin embargo los suelos que contienen demasiada arcilla se encharcan cuando llueve y, al contrario, se compactan y agrietan al secarse, originando costras en superficie. Además, si son ricos en materia orgánica pueden provocar asfixia radicular en las especies vegetales, puesto que la materia orgánica estrecha la cohesión de las partículas de arcilla impidiendo la aireación (Thompson *et al*, 1988).

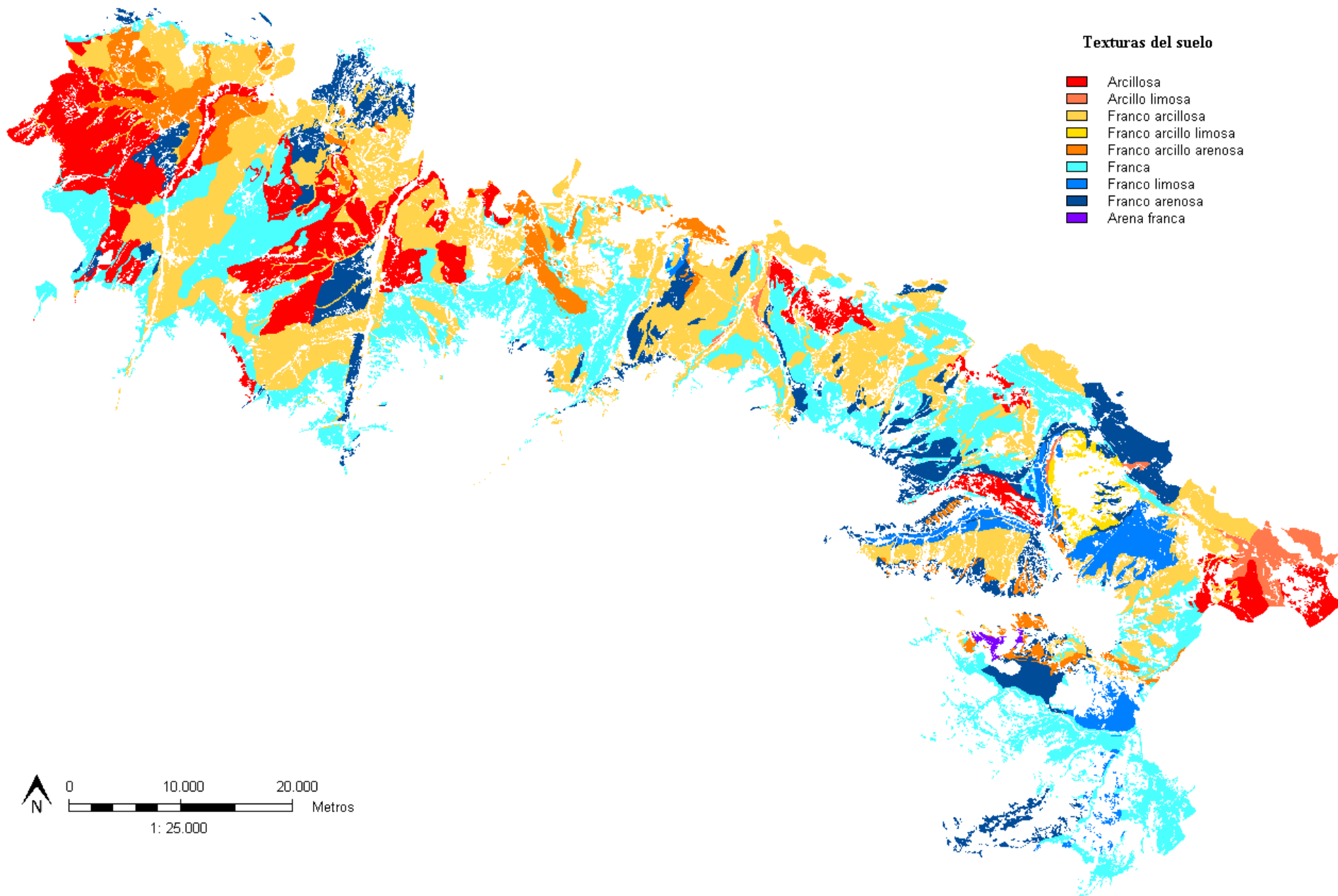
Los suelos francos son los más abundantes (1.481,64 km²) y se asientan sobre todo tipo de relieves y litologías. Esta textura es la más deseable para la práctica de la agricultura. Su proporción equilibrada de arcillas, limos y arenas los convierte en suelos bien irrigados y estables en materia orgánica, reuniendo las condiciones óptimas para el desarrollo vegetal. Entre ellos destacan los de textura franco arcillosa y franca, con 1.083,08 km² de superficie, repartidos por todo el espacio agrícola.

El grupo de suelos de textura franco limosa no ocupa una superficie destacable. Se encuentran al norte de Villamediana de Iregua (glacis bajos del término de los Templarios) y, en la Rioja Baja, asociados a cambisoles cálcicos (norte del municipio de Cervera del río Alhama entre el arroyo de Los Torcos y el río Linares), fluvisoles (nivel inferior de la llanura aluvial del Cidacos) y regosoles cálcicos (cárcavas de Los Agudos y valle del Alhama entre Cervera y Rincón de Olivedo). Su contenido en materia orgánica es variable, entre 0,34-4,31%, aunque presentan en general una estructura de grano medio y una velocidad de infiltración de la escorrentía moderadamente lenta.

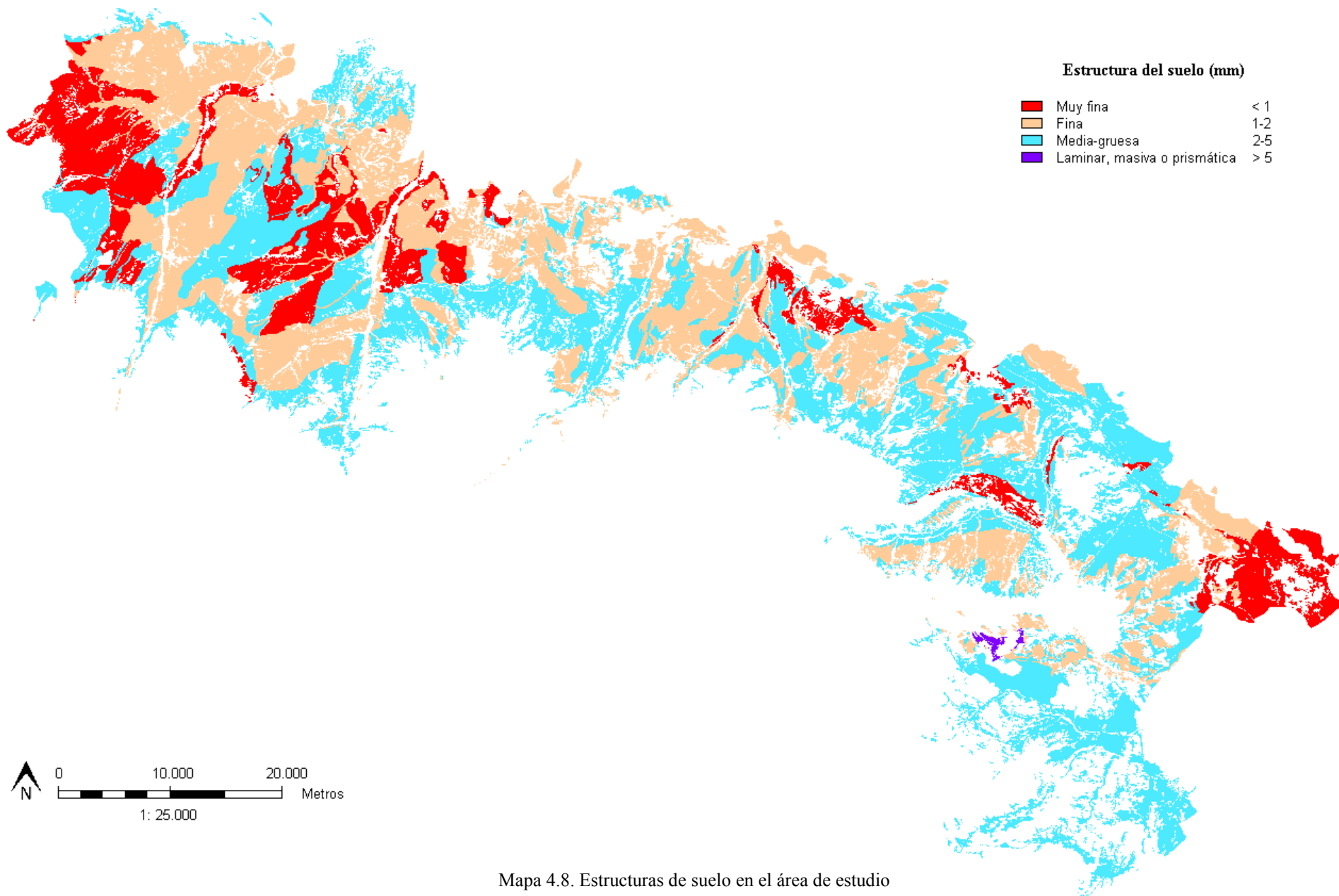
Los franco arcillo limosos aparecen únicamente en las inmediaciones del embalse del Perdiguero, sobre calcisoles cálcicos desarrollados a partir de arcillas con intercalación de areniscas y limos. Se caracterizan por su lento drenaje (0,5-0,15 cm/h) y fina estructura (1-2 mm), además de por su bajo contenido en materia orgánica (1,37%).

Los franco arcillo arenosos se ubican preferentemente sobre regosoles cálcicos (curso bajo del aluvial del Oja-Tirón, primeras terrazas del río Ebro en Haro, Briones, Fuenmayor, Navarrete, Logroño y Villamediana, y depósitos de glacis de la ladera sur de la Sierra de Yerga en el término de Grávalos), cambisoles cálcicos (piedemonte sur de la Sierra de Obarenes entre los arroyos de Prado Fa y Junquera, y glacis que bordean la Depresión de Arnedo) y leptosoles rendzínicos (sector conglomerático de Nalda y Viguera).

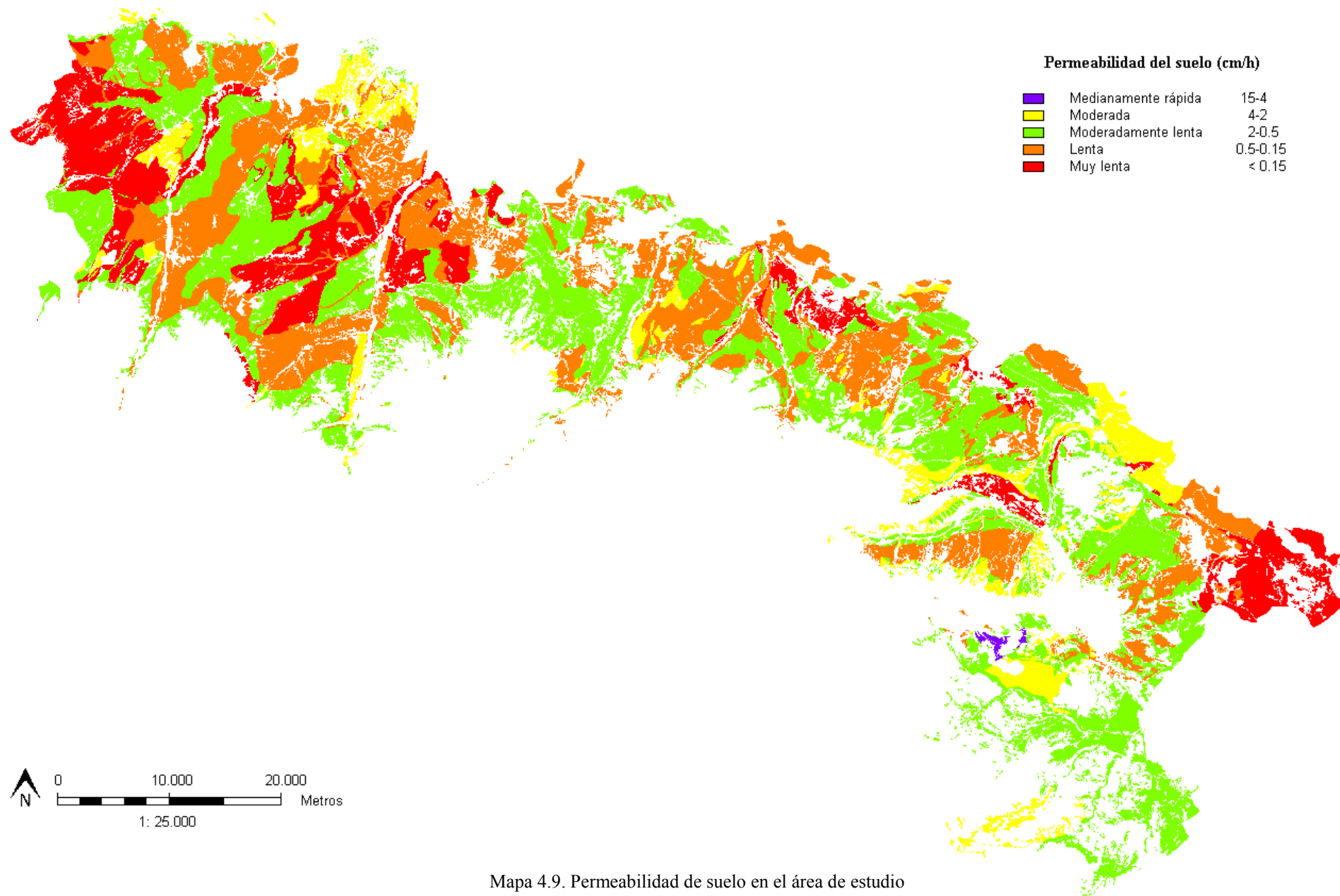
Por su parte las texturas franco arenosas (50-70% de arena, 15-40 % de limo y <20% de arcilla) abundan en los depósitos detríticos cuaternarios, en el relleno mioceno de la Facies Haro (interfluvio Oja-Tirón desde Baños de Rioja hasta Tirgo y piedemonte de la Sonsierra) y en los bordes montañosos de las Sierra de Obarenes-Cantabria y Alcarama. Aparecen sobre todo tipo de suelos, preferentemente sobre cambisoles cálcicos, donde los porcentajes medios de materia orgánica son de 1,79%. El contenido en materia orgánica es más elevado (4,76%) si los cambisoles cálcicos se asocian junto a leptosoles cálcicos y líticos.



Mapa 4.7. Texturas de suelo en el área de estudio



Mapa 4.8. Estructuras de suelo en el área de estudio



Mapa 4.9. Permeabilidad de suelo en el área de estudio

B) Información fisiográfica

A partir de los datos obtenidos, estuvimos en disposición de calcular la erodibilidad de los suelos agrícolas riojanos. No obstante, consideramos necesario completar la información disponible sobre los suelos trabajando la relación entre éstos y las formas del relieve. A falta de una cartografía regional de geoformas, se optó por la elaboración de un mapa litológico. En este sentido, García Ruiz y López Bermúdez (2009) consideran que la litología condiciona e incluso determina muchos de los rasgos de los suelos. A partir de la información aportada por la base de datos cartográfica del Gobierno de La Rioja, IDERioja (Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno de La Rioja), se generó una cartografía litoestratigráfica (Mapa 4.10), que posteriormente fue simplificada en otra cartografía de unidades mayores, las unidades fisiográficas (Mapa 4.11). Estas unidades fisiográficas, como se detalla a continuación, comprenden litologías que comparten un mismo origen y se componen de materiales similares:

- Aluvial: Esta unidad engloba las formas (llanura aluvial, terrazas fluviales, barras, conos de deyección, etc) y materiales generados por la red fluvial a lo largo del Cuaternario (gravas, arenas, limos y arcillas). Su superficie es amplia, abarcando gran parte de las cuencas hidrográficas del Ebro, Oja-Tirón, Najerilla, Iregua, Leza-Jubera y Cidacos. Como señala Gonzalo Moreno (1981), estos depósitos aluviales presentan homogeneidad litológica, predominando las gravas de naturaleza arenarcillosa, arenas, limos, arcillas y caliches. No se ha considerado incluir dentro de esta unidad al aluvial del Alhama-Linares debido a la escasa entidad de su llanura aluvial. La presencia de materiales duros del Cretácico y la fuerte pendiente que los cursos fluviales deben salvar rápidamente desde la cabecera (1.200 m) hasta su curso medio (600 m en el río Alhama y 500 m en río el Linares) supusieron el encajamiento de la red fluvial y el consecuente desarrollo de una llanura aluvial muy estrecha.

- Glacis y rañas: Los glacis son la segunda forma acumulativa del Cuaternario en cuanto a superficie ocupada. Se trata de rampas modeladas por cursos de agua de régimen torrencial, que ponen en contacto los relieves estructurales con los fondos de valle. Su espectro litológico es variado, a consecuencia de la diversidad de áreas fuente, con abundancia de cantos con matriz limo-arcillosa, gravas, arenas y arcillas.

Por su parte, las rañas, pese a datar del Plioceno, han sido integradas en esta unidad por su similitud estructural con los glaciares así como por la variedad de sus materiales.

- Facies Haro: Es la franja de material detrítico terciario más cercana al Ebro, casi exclusiva de La Rioja Alta, a excepción de dos pequeños sectores que afloran en los términos de Logroño, al norte del Ebro, y Cervera del río Alhama, a lo largo del curso del río Añamaza. La conforman margas pardo-amarillentas, areniscas, limos y arcillas rojas que datan del Mioceno.

- Facies Nájera: Se trata de una unidad muy amplia, la segunda en extensión, en la cual se distinguen dos sectores. El sector oeste, que se extiende desde el sur de la Facies Haro hasta el aluvial del Iregua, con depósitos de areniscas, arenas y limos; y, en segundo lugar el sector este, en el que predominan arcillas rojas, areniscas y limos.

- Margas: Esta unidad se localiza en la Depresión del Ebro, en el sector más noroccidental, al sur de la Sierra de Obarenes y colindante con la provincia de Burgos. El depósito sedimentario se compone únicamente de margas, depositadas entre el Mioceno y el Plioceno. Sobre estas acumulaciones margosas se instalan durante el Cuaternario una serie de glaciares que dan a la zona su característica topografía suave y ondulada. Las margas son rocas duras cuando no están alteradas, pero que meteorizan enseguida cuando son puestas en contacto con el aire generando un regolito muy fácilmente erosionable (García Ruiz y López Bermúdez, 2009).

- Evaporitas de la Depresión: Se trata de la unidad evaporítica que Castiella *et al* (1978) denominan Yesos de Lerín, de edad Oligoceno-Mioceno. Estos materiales, principalmente yesos con intercalación de arcillas y margas yesíferas, afloran entre los términos de Arrúbal y Alcanadre, y al este de Autol. Los yesos son rocas sedimentarias de origen químico, ricas en sales, depositadas en sucesivas etapas de clima árido. Por su naturaleza son solubles y se degradan con rapidez, dando lugar a un relieve de resaltes.

- Conglomerados de borde: Esta unidad está conformada por un paquete de series conglomeráticas depositadas durante el Terciario. Entre ellas se encuentran los conglomerados calcáreos de Viguera y Anguiano (Facies Ojacastro), empastados en una matriz arcillo-arenosa carbonatada muy resistente (García Ruiz, 1994), que datan del Oligoceno, y los conglomerados silíceos de Santurdejo, Cabimonteros y Yerga

(Facies Santurdejo), de edad Miocena. Estos últimos, al carecer de cemento calcáreo, son fácilmente erosionables.

- Depresión de Arnedo: El relieve de esta pequeña depresión terciaria, situada en la cuenca del Cidacos, viene regulado por un gran anticlinal que buza dirección norte (Mata *et al*, 1989). Limita al norte con la Depresión del Ebro, al oeste con la Sierra de la Hez, al este con la Sierra de Yerga y al sur con la Sierra de Peñalmonte. Presenta alternancia de areniscas rojas y limos con niveles discontinuos de conglomerados silíceos cementados (Pérez Lorente y Ortega Lozano, 1984).

- Triásico de Cameros: Es la zona más septentrional de la Sierra de Cameros, que comprende los cursos medios de los valles del Leza y Jubera, desde Clavijo hasta Santa Engracia del Jubera. Esta unidad se caracteriza por la presencia de yesos triásicos, entre los cuales se intercalan arcillas y dolomías que, junto a los primeros, y por erosión diferencial, generan un tipo de relieve muy irregular.

- Sierra de Obarenes-Cantabria: Es la unidad que demarca el límite septentrional de la Depresión de Ebro y que comprende las sierras de Cantabria, Obarenes y Toloño, consideradas las últimas estribaciones occidentales de los Pirineos o las más meridionales de los Montes Vascos (García Ruiz, 1994). Estas alineaciones montañosas están formadas por materiales triásicos y cretácicos litificados: margas, margocalizas, calizas, calcarenitas, dolomías y limolitas.

- Sierra de Yerga-Peñalosa: Se localiza al sur de la alineación de las Sierra de Achena y Peñalosa, en la cuenca del río Linares, el afluente más importante del río Alhama. Los materiales que afloran en esta unidad pertenecen a las series sedimentarias de los grupos Enciso (calizas y limolitas) y Oliván (areniscas y lutitas).

- Sierra de Alcarama: Es la unidad más suroriental. Pertenece a la cuenca hidrográfica del Alhama, caracterizada por su extensa red de barrancos y arroyos estacionales de fuerte pendiente (Casas *et al*, 1994). La alineación Sierra de Yerga-Peñalosa la delimita por el norte, separándola de la cuenca del Cidacos. En este sector se localizan tres potentes series deltaicas del Weald, en concreto los grupos Tera (conglomerados y areniscas), Oncala (calizas y limolitas) y Urbión (areniscas y conglomerados).

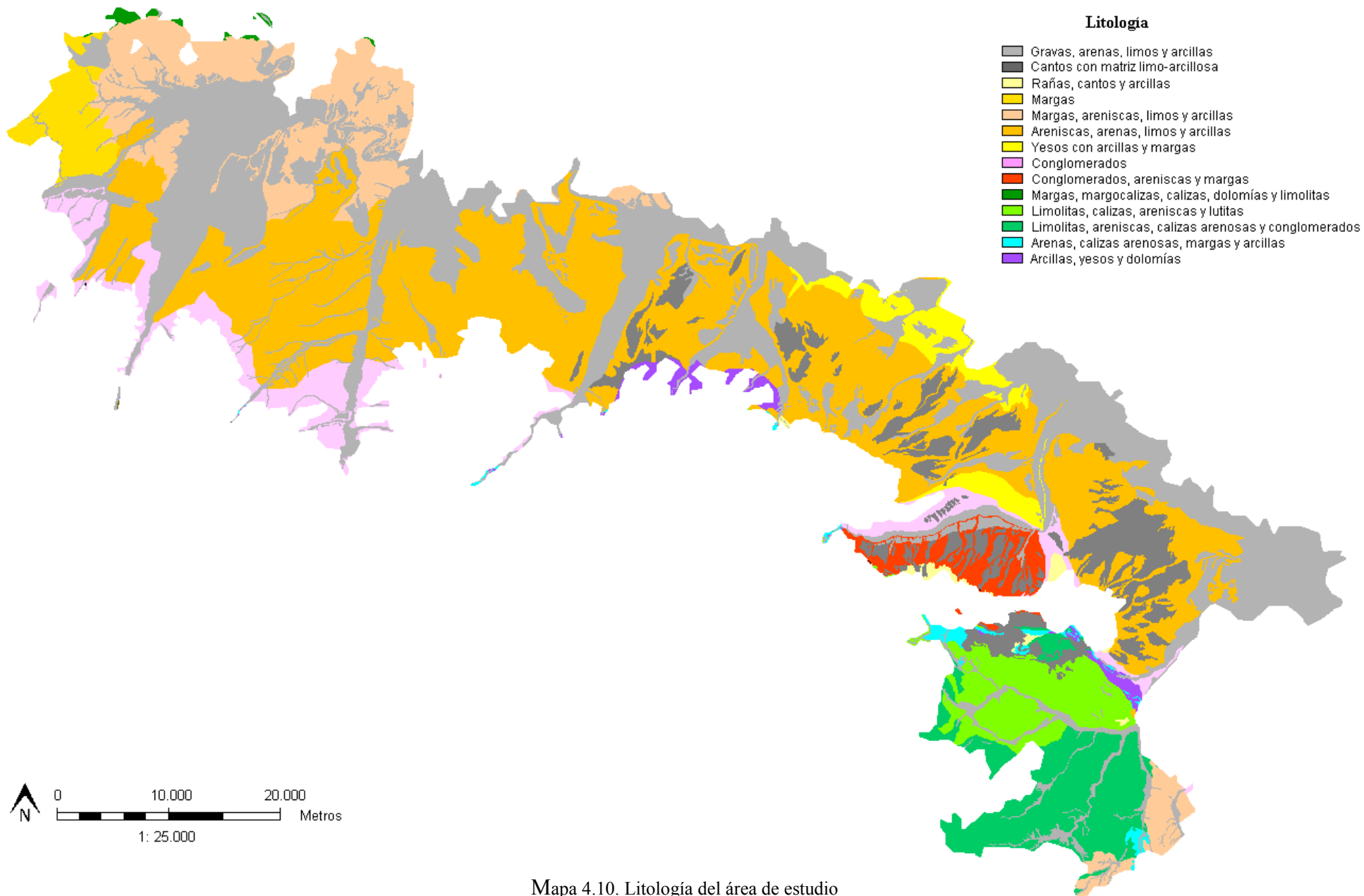
La Tabla 4.13 recoge la superficie que cada una de estas unidades fisiográficas representa dentro del área de estudio. Por su parte, en la Tabla 4.14 se resumen las principales características litológicas y edáficas de estas unidades.

Tabla 4.13. Superficie de las unidades fisiográficas del área de estudio

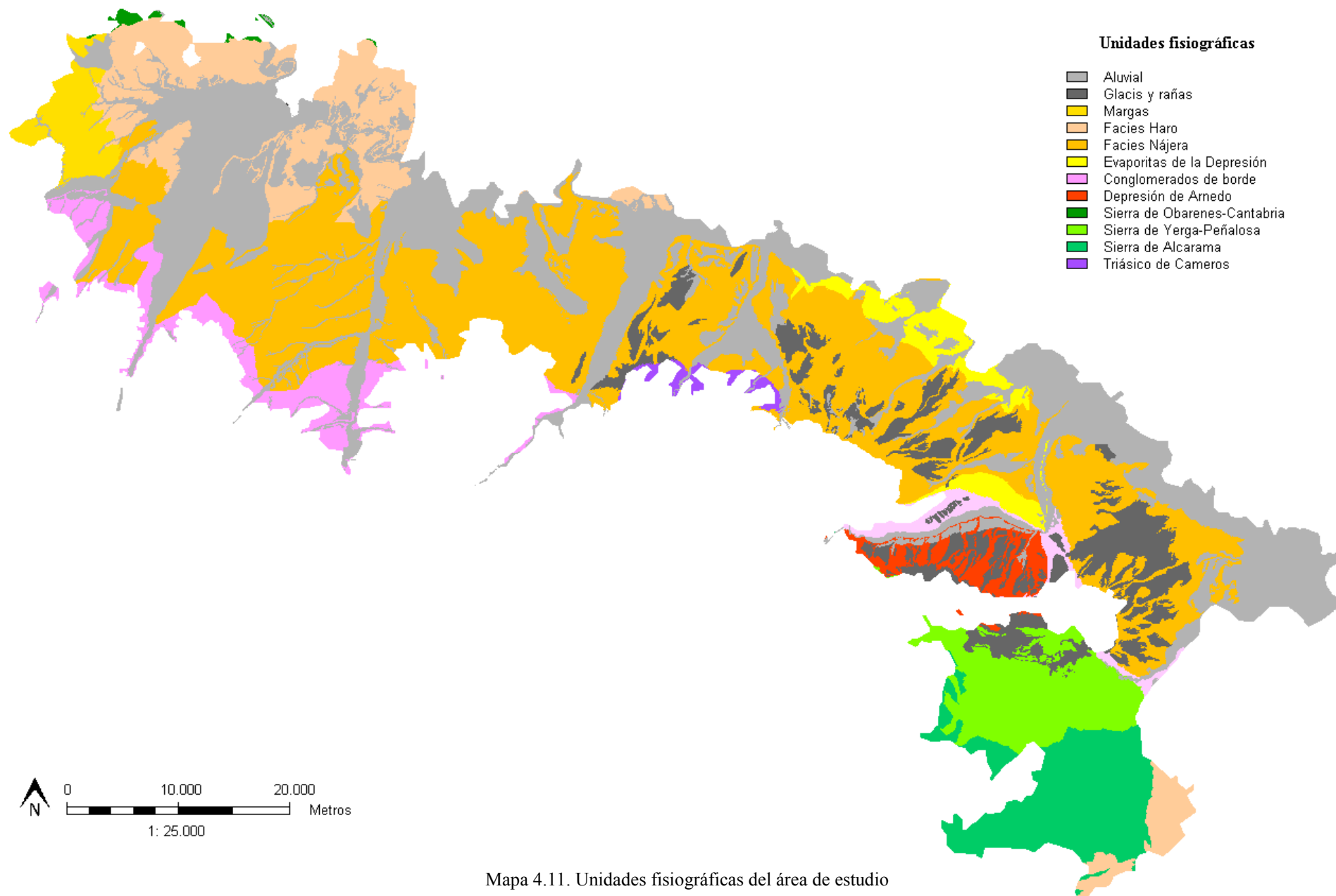
| Unidades fisiográficas | Superficie | |
|------------------------------|-----------------|-------|
| | Km ² | % |
| Aluvial | 596,63 | 33,29 |
| Glacis y rañas | 152,81 | 8,52 |
| Facies Haro | 145,36 | 8,11 |
| Facies Nájera | 580,25 | 32,37 |
| Margas | 48,78 | 2,72 |
| Evaporitas de la Depresión | 36,55 | 2,03 |
| Conglomerados de borde | 71,25 | 3,97 |
| Depresión de Arnedo | 23,59 | 1,31 |
| Triásico de Cameros | 3,86 | 0,21 |
| Sierra de Obarenes-Cantabria | 1,91 | 0,10 |
| Sierra de Yerga-Peñalosa | 60,75 | 3,38 |
| Sierra de Alcarama | 37,09 | 2,06 |

Tabla 4.14. Caracterización de las unidades fisiográficas

| Unidad fisiográfica | Cronología | Litología | Suelos |
|--------------------------------|--|---|---|
| Aluvial | Pleistoceno y Holoceno | Gravas, arenas, limos, arcillas y caliches | Cambisol cálcico, Fluvisol, Leptosol cálcico, Luvisol crómico, Regosol cálcico |
| Glacis y rañas | Pleistoceno | Cantos con matriz limo-arcillosa, arenas y gravas | Cambisol cálcico, Durisol, Leptosol cálcico, Leptosol lítico, Luvisol cálcico, Regosol cálcico, Regosol éútrico |
| Facies Haro | Mioceno | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico, Fluvisol, Leptosol cálcico, Leptosol lítico, Luvisol crómico, Regosol cálcico, |
| Facies Nájera | Mioceno | Areniscas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico, Fluvisol, Leptosol rendzínico, Luvisol cálcico, Luvisol crómico, Regosol cálcico, Regosol éútrico |
| Margas | Mio-Plioceno | Margas | Cambisol cálcico |
| Evaporitas de la Depresión | Oligoceno-Mioceno | Yesos con arcillas y margas | Cambisol cálcico |
| Conglomerados de borde | Oligoceno-Mioceno | Conglomerados | Cambisol cálcico, Leptosol cálcico, Leptosol lítico, Leptosol rendzínico, Regosol cálcico, Regosol éútrico |
| Depresión de Arnedo | Paleoceno-Eoceno | Conglomerados, areniscas y margas | Cambisol cálcico, Fluvisol, Leptosol cálcico, Leptosol lítico |
| Sierra de Obarenes - Cantabria | Cretácico Inferior y Superior, Triásico Keuper | Margas, margocalizas, dolomías, calizas y limolitas Arcillas, yesos y dolomías | Cambisol cálcico, Leptosol cálcico, Leptosol lítico |
| Sierra de Yerga - Peñalosa | Cretácico Inferior: Grupos Enciso y Oliván | Margas, margocalizas, y calizas Arcillas y limolitas | Cambisol cálcico, Leptosol cálcico, Leptosol lítico, Luvisol crómico, Regosol cálcico |
| Sierra de Alcarama | Cretácico Inferior: Grupos Urbión y Oncala | Limolitas, areniscas y calizas arenosas Calizas arenosas, margas, arenitas y limolitas | Cambisol cálcico, Regosol cálcico |
| Triásico de Cameros | Triásico Keuper | Arcillas, yesos y dolomías | Cambisol cálcico, Leptosol cálcico y Leptosol lítico, Regosol cálcico |



Mapa 4.10. Litología del área de estudio



Mapa 4.11. Unidades fisiográficas del área de estudio

C) Unidades homogéneas de suelo

El último paso dentro del análisis del factor K fue el establecimiento de una síntesis de las características edáficas de la región. Para ello se realizó un mapa de unidades homogéneas de suelo, cuya finalidad era favorecer, mediante la síntesis, la comprensión de las características de los suelos riojanos, así como facilitar el análisis de los resultados obtenidos, tanto de este factor como de los restantes. Se consideró oportuno dividir el territorio en unidades que recogiesen al mismo tiempo las características fisiográficas (materiales y origen de los mismos) y las edáficas (clases de suelo, textura, estructura, permeabilidad, contenido en materia orgánica, etc). Ello basándonos además en el hecho de que ante las mismas características cabe esperar un comportamiento hidrológico y una respuesta similar frente a los procesos erosivos.

Así pues, e implementando en un SIG (MFWorks) la cartografía de unidades fisiográficas y la cartografía edáfica actualizada con las muestras de suelo del INES, se generó un mapa de unidades homogéneas de suelo (UH). El resultado fue el establecimiento de 142 unidades de suelo diferentes (Mapa 4.12) que, a su vez, son clasificadas en relación a su marco espacial. A continuación se muestran sus características principales, pudiendo encontrarse información más detallada de las mismas en los anexos.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Aluvial. Se trata de 36 agrupaciones de suelos repartidas sobre litologías cuaternarias de gravas, arenas, limos y arcilla, sobre los que se desarrollan estructuras sedimentarias de origen fluvial.
- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Glacis y rañas. A esta unidad pertenecen 11 tipologías de suelo de muy diversa composición (cambisoles cálcicos, regosoles cálcicos, regosoles eútricos, luvisoles cálcicos...). En lo referente a su contenido en materia orgánica los valores oscilan entre 0,52 y 3,44%.
- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Haro. En este sector en el que afloran margas, areniscas, limos y arcillas rojas se detectan 12 unidades de suelo diferentes, de las que ocho son cambisoles cálcicos con un contenido en materia orgánica bajo.
- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Nájera. En este espacio se concentra el mayor número de agrupaciones diferentes de suelo del área

de estudio. Las más abundantes son los cambisoles cálcicos con porcentajes de materia orgánica bajos.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Margas. Se trata de tres unidades de cambisoles cálcicos de textura arcillosa con un contenido en materia orgánica de en torno al 3%.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Evaporitas de la Depresión. Pertenecen a este grupo solo dos unidades de cambisoles cálcicos con porcentajes moderados-bajos de materia orgánica.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Conglomerados de borde. Agrupa 17 unidades, siendo los suelos más abundantes los regosoles cálcicos y los leptosoles rendzínicos.

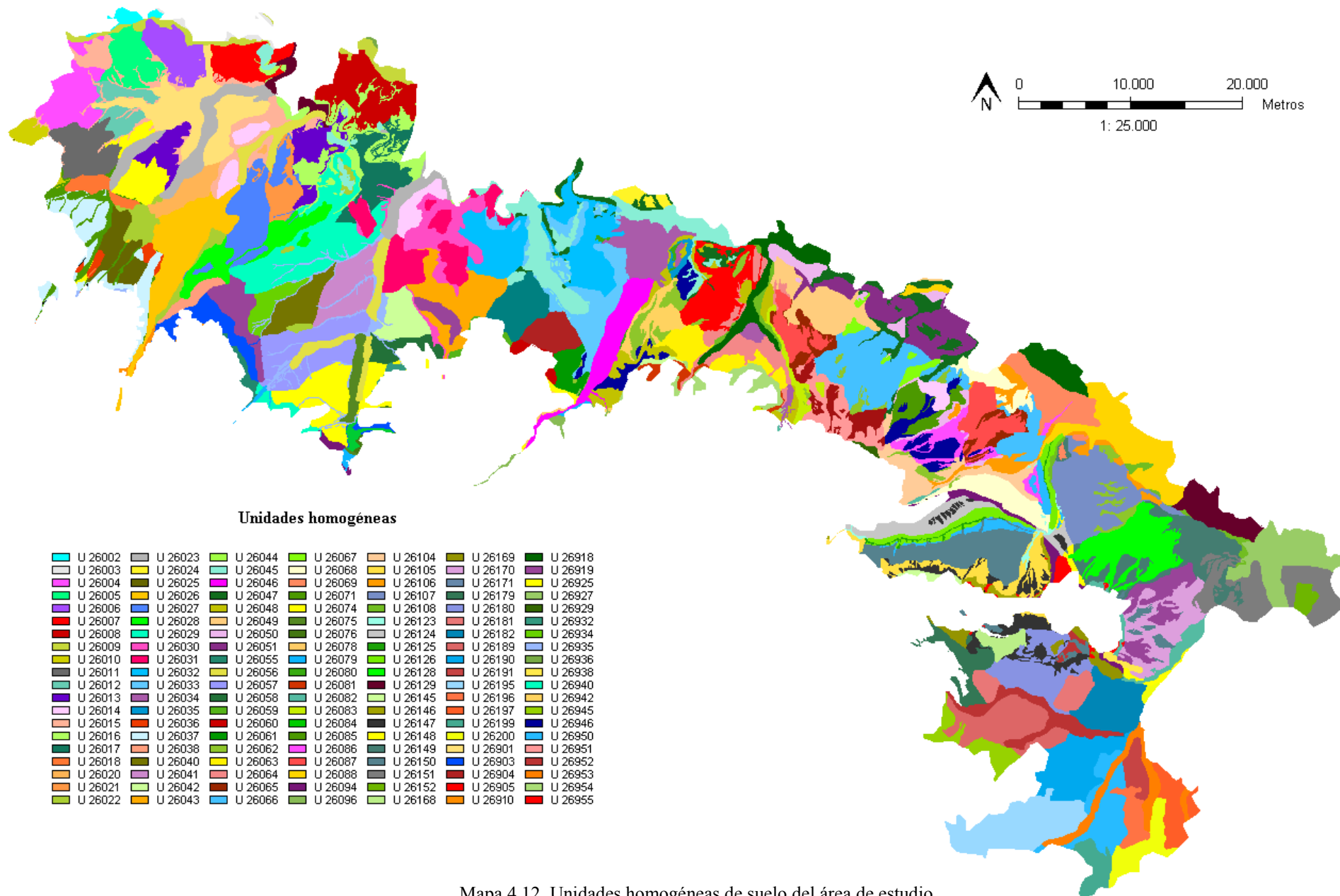
- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Depresión de Arnedo. En este sector en el que afloran conglomerados, areniscas y margas del Paleógeno, se han identificado tres unidades de suelos, compuestas por cambisoles y fluvisoles.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Obarenes-Cantabria: Sobre materiales triásicos y cretácicos bastante litificados se han desarrollado, únicamente, tres unidades de cambisoles cálcicos con áreas de leptosol cálcico y lítico

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Triásico de Cameros: Se trata de dos únicas unidades sobre cambisoles cálcicos y regosoles.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Yerga-Peñalosa, sobre limolitas, calizas, areniscas y lutitas cretácicas.

- Unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Alcarama. Pertenecen a este grupo 8 unidades, de las que 6 son cambisoles cálcicos.



Mapa 4.12. Unidades homogéneas de suelo del área de estudio

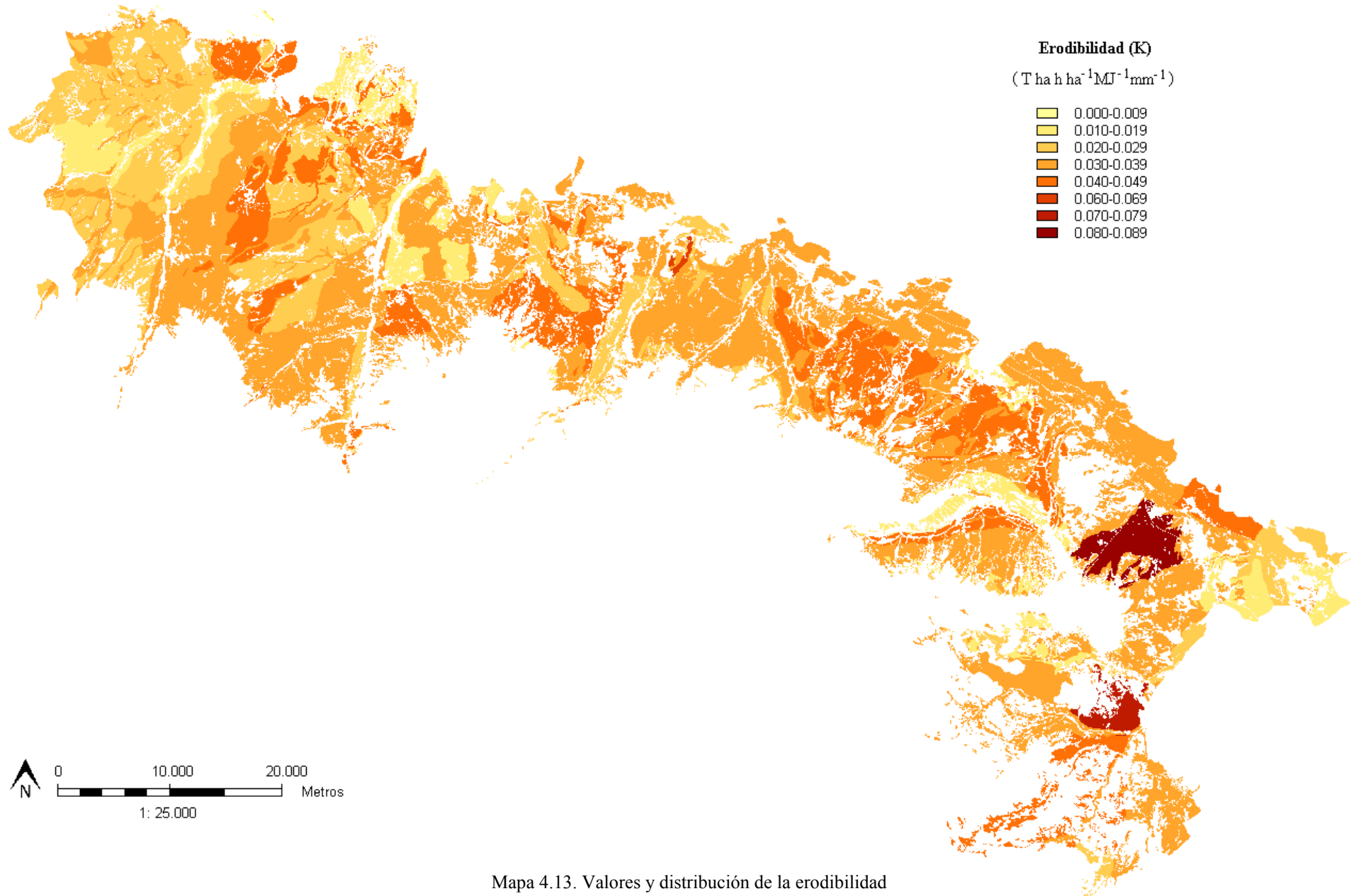
4.2.2. Erodibilidad de los suelos agrícolas de La Rioja

Una vez implementada en el SIG (MFWorks) la formulación de K según Mannaerts (1999), se obtuvieron los datos de erodibilidad de los suelos agrícolas riojanos. Dichos datos aparecen reflejados en la Tabla 4.15, y la distribución espacial de estos valores queda recogida en el Mapa 4.13. No obstante, es necesario destacar que estos resultados son sólo una aproximación a la realidad, ante la inseguridad que ofrece haber seleccionado una de las posibles aproximaciones. Pero se trata de un riesgo asumible. Por otro lado, los resultados obtenidos se aproximan bastante a los de otros autores como López Vicente (2007) y Rodríguez García (2008).

Los ratios medios de erodibilidad del espacio agrícola riojano muestran que todos los suelos se encuentran en el intervalo 0,020-0,040 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (Tabla 4.15), estimándose la media global en 0,029 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, valor que para los estándares de RUSLE es un rango de erodibilidad bajo (Tabla 4.16). Se ha podido comprobar que los suelos con el porcentaje de fracción limo más elevada aportan las mayores tasas de erodibilidad, al contrario que aquellos suelos ricos en materia orgánica, que ayudan a rebajarla sustancialmente.

Tabla 4.15. Erodibilidad de los tipos de suelo

| Tipos de suelo | T ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹ | | | |
|---|---|-------|-------|-------|
| | Min | Med | Max | σ |
| Cambisol cálcico | 0,013 | 0,034 | 0,073 | 0,011 |
| Luvisol crómico | 0,021 | 0,035 | 0,041 | 0,007 |
| Regosol cálcico | 0,016 | 0,032 | 0,086 | 0,013 |
| Cambisol cálcico + Leptosol cálcico + Leptosol lítico | 0,003 | 0,025 | 0,048 | 0,012 |
| Fluvisol | 0,015 | 0,034 | 0,046 | 0,009 |
| Leptosol rendzínico | 0,016 | 0,022 | 0,032 | 0,010 |
| Regosol eútrico | 0,027 | 0,035 | 0,040 | 0,005 |
| Luvisol cálcico | 0,034 | 0,038 | 0,042 | 0,006 |
| Leptosol cálcico + Luvisol crómico | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0 |
| Regosol cálcico + Cambisol cálcico | 0,032 | 0,034 | 0,035 | 0,002 |
| Regosol cálcico + Leptosol lítico | 0,034 | 0,034 | 0,034 | 0 |
| Durisol | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0 |



Mapa 4.13. Valores y distribución de la erodibilidad

Tabla 4.16. Rangos de erodibilidad (Renard *et al*, 1997)

| T ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹ | Valor |
|---|----------|
| 0,05-0,2 | Bajo |
| 0,25-0,4 | Moderado |
| > 0,4 | Alto |

La unidad fisiográfica Sierra de Obarenes-Cantabria, formada por lutitas, areniscas, limos, arcillas y yesos sobre las que afloran cambisoles cálcicos con áreas de leptosoles cálcicos y líticos, registra valores de erodibilidad entre 0,003 y 0,026 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (Tabla 4.17). El valor medio, 0,017 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, es a su vez el valor medio más bajo de toda la región. A este hecho ha contribuido su elevado contenido en materia orgánica, entre 4,69 y 12,80% (media de 7,93%) y la uniformidad estructural de sus suelos.

Tabla 4.17. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Obarenes-Cantabria

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|----------------|-------|--------|----------|-------|
| UH 26002 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 4,69 | 2-5 | 4-2 | 0,022 |
| UH 26003 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 12,80 | 2-5 | 4-2 | 0,003 |
| UH 26936 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 6,20 | 2-5 | 2-0,5 | 0,026 |

Todas las superficies de la unidad Margas (Tabla 4.18), sobre las que afloran exclusivamente cambisoles cálcicos de textura arcillosa, cuentan con un contenido bajo en materia orgánica, entre 2,54 y 3,14% (promedio de 2,84%). Su lenta permeabilidad (<0,15 cm/h) y la estabilidad estructural de los agregados del suelo explican el bajo rango de K registrado, entre 0,018 (UH 26011) y 0,023 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26004 y UH 26010), con un valor medio de 0,021 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹.

Tabla 4.18. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Margas

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|------------------|-----------|-------|--------|----------|-------|
| UH 26004 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 4,69 | < 1 | < 0,15 | 0.023 |
| UH 26010 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 12,80 | < 1 | < 0,15 | 0.023 |
| UH 26011 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 6,30 | < 1 | < 0,15 | 0.018 |

Igualmente modesta es la tasa de erodibilidad media que se da en las Evaporitas de la Depresión, de $0,025 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, donde afloran cambisoles cálcicos sobre yesos con arcillas y margas. Las características estructurales de las diferentes texturas edáficas de esta zona, franca (UH 26051) y arcillosa (UH 26068), muestran que la susceptibilidad a la erosión de las primeras es mayor, de $0,031 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, frente a las $0,018 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ de las segundas (Tabla 4.19).

Tabla 4.19. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Evaporitas de la Depresión

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|------------------|-----------|------|--------|----------|-------|
| UH 26051 | Cambisol cálcico | Franca | 3,73 | 2-5 | 2-0,5 | 0,031 |
| UH 26068 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 2,36 | < 1 | < 0,15 | 0,018 |

La unidad Conglomerados de borde (Tabla 4.20) presenta una tasa media de $0,028 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, aunque es importante matizar las diferencias entre la Facies silícea de Santurdejo (UH 26036, UH 26037, UH 26055, UH 26148, UH 26903 y UH 26910), de cambisoles y regosoles cálcicos, y la Facies calcárea de Ojacastro (UH 26074, UH 26076, UH 26078, UH 26094, UH 26932 y UH 26940), de cambisoles cálcicos y leptosoles rendzínicos. Como ya se indicó con anterioridad, los más fácilmente erosionables son los conglomerados silíceos y, sin embargo, los valores de erodibilidad promedio que arrojan, $0,029 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, son cercanos a los de los carbonatados, con $0,027 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Esto es debido al elevado porcentaje de materia orgánica que presentan, con un promedio de 3,78%.

Tabla 4.20. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica
Conglomerados de borde

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | P (cm/h) | K |
|----------|--|------------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26036 | Regosol cálcico | Franco arenosa | 5,97 | 2-5 | 4-2 | 0,034 |
| UH 26037 | Cambisol cálcico | Franca | 8,50 | 2-5 | 2-0,5 | 0,020 |
| UH 26055 | Regosol cálcico | Arcillosa | 1,91 | < 1 | < 0,15 | 0,030 |
| UH 26074 | Cambisol cálcico | Franca | 2,00 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |
| UH 26076 | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 4,28 | 2-5 | 4-2 | 0,027 |
| UH 26078 | Leptosol rendzínico | Franco arcillo arenosa | 3,89 | 1-2 | 2-0,5 | 0,020 |
| UH 26094 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 3,12 | 2-5 | 2-0,5 | 0,031 |
| UH 26124 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 6,60 | 2-5 | 4-2 | 0,013 |
| UH 26148 | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1,32 | 1-2 | 2-0,5 | 0,021 |
| UH 26903 | Regosol eútrico | Franca | 2,03 | 2-5 | 2-0,5 | 0,038 |
| UH 26910 | Regosol cálcico | Franca | 3,08 | 2-5 | 2-0,5 | 0,037 |
| UH 26932 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,26 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,039 |
| UH 26940 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 3,15 | 2-5 | 2-0,5 | 0,030 |

Los suelos presentes en la Facies Haro (Tabla 4.21) presentan tasas de erodibilidad entre 0,019 (UH 26008) y 0,037 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26953), estableciéndose el valor medio en 0,029 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹. Todos ellos, a excepción de dos sectores arcillosos (UH 26012 y UH 26021) cercanos a los márgenes de los ríos Tirón y Ebro, tienen texturas francas con bajo contenido en materia orgánica (promedio de 1,80%). Al contrario de lo que cabía esperar, resulta llamativo que tres de los sectores que reúnen el mayor porcentaje de materia orgánica (UH 26024, UH 26009 y UH 26953) muestren tasas de erodibilidad superiores a la media del conjunto, y esto es debido a su porcentaje de limo superior a 35 % y de arena inferior a 45 %.

Tabla 4.21. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica
Facies Haro

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|------------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26005 | Cambisol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1,31 | 1-2 | 2-0,5 | 0,020 |
| UH 26006 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2,15 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,027 |
| UH 26007 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,66 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,044 |
| UH 26008 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 0,44 | 2-5 | 4-2 | 0,019 |
| UH 26009 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2,92 | 2-5 | 2-0,5 | 0,032 |
| UH 26012 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 1,60 | < 1 | < 0,15 | 0,029 |
| UH 26013 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 0,83 | 2-5 | 4-2 | 0,021 |
| UH 26017 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,25 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,030 |
| UH 26021 | Luvisol crómico | Arcillosa | 1,27 | < 1 | < 0,15 | 0,021 |
| UH 26024 | Cambisol cálcico | Franca | 2,57 | 2-5 | 2-0,5 | 0,035 |
| UH 26197 | Regosol cálcico con Leptosol lítico | Franca | 1,80 | 2-5 | 2-0,5 | 0,034 |
| UH 26953 | Fluvisol | Franca | 3,11 | 2-5 | 2-0,5 | 0,037 |

La Depresión de Arnedo, al igual que el resto de unidades que se analizarán de aquí en adelante, presenta una erodibilidad superior a la media global, $0,030 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Como puede apreciarse en la Tabla 4.22, los valores de erodibilidad mínima, $0,024 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ se corresponden con suelos de textura franco arenosa con un contenido medio en materia orgánica (UH 26146) localizados sobre los glaciares altos al sur del sector; mientras que el valor máximo, $0,034 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, se obtiene en cambisoles cálcicos de textura franca y pobres en materia orgánica (UH 26125) ubicados en la llanura aluvial del Cidacos.

Tabla 4.22. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica
Depresión de Arnedo

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|----------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26105 | Cambisol cálcico | Franco | 0,41 | 2-5 | 4-2 | 0,034 |
| UH 26125 | Fluvisol | Franca | 1,33 | 2-5 | 4-2 | 0,032 |
| UH 26146 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 3,33 | 2-5 | 4-2 | 0,024 |

En la unidad Triásico de Cameros, que alberga dos clases de suelos con características individuales diferenciadas (Tabla 4.23), se ha calculado una tasa de erodibilidad media de $0,030 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Los regosoles cálcicos (UH 26954) de textura franca y elevado porcentaje de materia orgánica (6,70%), que afloran en el sector meridional, registran la tasa de erodibilidad mínima, $0,025 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Por su parte, los cambisoles cálcicos coaligados a leptosoles (UH 26081), de textura franco arcillosa y con reducido porcentaje en materia orgánica (1,28%), presentan la tasa máxima, $0,034 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Estos suelos se localizan en las escarpadas laderas que flanquean el curso medio de los ríos Leza y Jubera.

Tabla 4.23. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Triásico de Cameros

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26081 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arcillosa | 1,28 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,034 |
| UH 26954 | Regosol cálcico | Franca | 6,70 | 2-5 | 2-0,5 | 0,025 |

Los suelos de la unidad fisiográfica Aluvial se distribuyen por el 33,29% del área de estudio. Como se puede deducir por su gran extensión, los suelos que aquí se desarrollan reúnen características y composiciones físico-químicas muy diversas (Tabla 4.24), registrándose tasas mínimas de $0,015 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26023) y máximas de $0,048 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26079). El valor medio se ha calculado en $0,032 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, es decir, tres décimas superior a la media global. Los cambisoles cálcicos asociados a leptosoles cálcicos y líticos registran los ratios de erodibilidad más elevados, $0,048 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, seguidos por los luvisoles crómicos, con un valor medio de $0,039 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. No es casualidad que ambos contengan los porcentajes más bajos en materia orgánica de toda la unidad (0,99 y 2,03%). Por el contrario, el conjunto de regosoles cálcicos con texturas franco arcillosas y arcillosas con porcentajes de materia orgánica entre 1,45 y 6,30%, presentan tasas de erodibilidad inferiores a la media. En último lugar, todos los cambisoles cálcicos y fluvisoles de textura media y contenido en materia orgánica inferior a 3 %, han obtenido valores superiores al promedio.

Tabla 4.24. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Aluvial

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | P (cm/h) | K |
|----------|--|------------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26014 | Leptosol cálcico sobre Luvisol crómico | Franco arcillosa | 2,34 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,030 |
| UH 26015 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,96 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,033 |
| UH 26016 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,70 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,041 |
| UH 26018 | Regosol cálcico | Arcillosa | 2,77 | < 1 | < 0,15 | 0,021 |
| UH 26020 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 6,30 | 2-5 | 2-0,5 | 0,020 |
| UH 26023 | Fluvisol | Arcillosa | 3,61 | < 1 | < 0,15 | 0,015 |
| UH 26026 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1,91 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,038 |
| UH 26027 | Luvisol crómico | Franca | 1,73 | 2-5 | 2-0,5 | 0,041 |
| UH 26030 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 1,72 | 2-5 | 2-0,5 | 0,030 |
| UH 26031 | Regosol cálcico | Arcillosa | 1,90 | < 1 | < 0,15 | 0,016 |
| UH 26034 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 3,26 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,030 |
| UH 26045 | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1,82 | 1-2 | 2-0,5 | 0,028 |
| UH 26046 | Regosol cálcico | Franca | 4,75 | 2-5 | 2-0,5 | 0,023 |
| UH 26047 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2,00 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,037 |
| UH 26050 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1,45 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,030 |
| UH 26056 | Fluvisol | Franco arcillosa | 1,95 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,032 |
| UH 26064 | Cambisol cálcico | Franca | 2,89 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |
| UH 26069 | Regosol cálcico | Franca | 1,04 | 2-5 | 2-0,5 | 0,033 |
| UH 26071 | Cambisol cálcico | Franca | 4,87 | 2-5 | 2-0,5 | 0,036 |
| UH 26075 | Regosol cálcico | Franco arenosa | 6,25 | 2-5 | 4-2 | 0,027 |
| UH 26079 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 0,99 | 2-5 | 4-2 | 0,048 |
| UH 26080 | Cambisol cálcico | Franca | 5,30 | 2-5 | 2-0,5 | 0,032 |
| UH 26088 | Fluvisol | Franco arenosa | 0,79 | 2-5 | 4-2 | 0,038 |
| UH 26096 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 4,70 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,025 |
| UH 26106 | Cambisol cálcico | Franca | 3,19 | 2-5 | 2-0,5 | 0,038 |
| UH 26123 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 3,29 | 2-5 | 2-0,5 | 0,027 |
| UH 26126 | Fluvisol | Franco limosa | 3,96 | 2-5 | 2-0,5 | 0,043 |
| UH 26129 | Fluvisol | Franco arcillosa | 2,02 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,046 |
| UH 26151 | Regosol cálcico | Arcillosa | 2,94 | < 1 | < 0,15 | 0,017 |
| UH 26152 | Luvisol crómico | Arcillosa | 2,33 | < 1 | < 0,15 | 0,036 |
| UH 26171 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 3,02 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,037 |
| UH 26901 | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1,22 | 1-2 | 2-0,5 | 0,020 |
| UH 26918 | Fluvisol | Franco arcillosa | 2,61 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,037 |
| UH 26927 | Fluvisol | Arcillo limosa | 3,20 | < 1 | < 0,15 | 0,025 |
| UH 26935 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2,03 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,034 |

Al conjunto de suelos agrupados bajo la denominación Facies Nájera (Tabla 4.25) le ocurre lo mismo que a la unidad Aluvial, ya que son los segundos más abundantes del área de estudio con el 32,37% de la superficie. Su tasa media se estima en $0,035 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, con mínimas de $0,016 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26060) y máximas de $0,067 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26035). Luvisoles crómicos y regosoles cálcicos, todos ellos de texturas medias (francas y franco arcillosas), junto a cambisoles cálcicos (texturas medias y arcillosas), cuentan con ratios de erodibilidad superiores a la media. Esto se debe en gran parte a su escaso porcentaje en materia orgánica. En el otro lado tenemos a los leptosoles rendzínicos, suelos de textura franca y franco arenosa ricos en materia orgánica (entre 4,08 y 7,60%), que registran los valores de erodibilidad más bajos de la unidad.

Tabla 4.25. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Nájera

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|---------------------|------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26019 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2,50 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,033 |
| UH 26022 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 3,16 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,032 |
| UH 26025 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 2,15 | < 1 | < 0,15 | 0,025 |
| UH 26028 | Luvisol crómico | Franca | 1,66 | 2-5 | 2-0,5 | 0,038 |
| UH 26029 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 1,98 | < 1 | < 0,15 | 0,028 |
| UH 26032 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,26 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,039 |
| UH 26033 | Regosol cálcico | Franca | 0,78 | 2-5 | 2-0,5 | 0,046 |
| UH 26035 | Cambisol cálcico | Franco limosa | 0,34 | 2-5 | 0,5-0,15 | 0,067 |
| UH 26038 | Regosol eútrico | Franco arcillosa | 2,60 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,033 |
| UH 26039 | Regosol eútrico | Franca | 7,10 | 2-5 | 2-0,5 | 0,027 |
| UH 26040 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 2,23 | < 1 | < 0,15 | 0,025 |
| UH 26041 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 1,71 | 2-5 | 2-0,5 | 0,030 |
| UH 26042 | Cambisol cálcico | Franca | 1,65 | 2-5 | 2-0,5 | 0,041 |
| UH 26043 | Cambisol cálcico | Franca | 1,59 | 2-5 | 2-0,5 | 0,038 |
| UH 26044 | Cambisol cálcico | Franca | 0,96 | 2-5 | 2-0,5 | 0,042 |
| UH 26048 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 4,02 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,023 |
| UH 26049 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 1,12 | < 1 | < 0,15 | 0,034 |
| UH 26057 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,36 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,036 |
| UH 26058 | Cambisol cálcico | Franca | 2,99 | 2-5 | 2-0,5 | 0,037 |
| UH 26059 | Leptosol rendzínico | Franca | 4,08 | 2-5 | 2-0,5 | 0,032 |
| UH 26060 | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 7,60 | 2-5 | 4-2 | 0,016 |
| UH 26061 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,81 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,032 |
| UH 26063 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,63 | 2-5 | 2-0,5 | 0,038 |
| UH 26065 | Luvisol cálcico | Franco arcillosa | 2,03 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,034 |
| UH 26066 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,26 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,046 |

Tabla 4.25. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Facies Nájera (continuación)

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|-------------------------------|-----------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26067 | Regosol cálcico | Franca | 1,85 | 2-5 | 2-0,5 | 0,043 |
| UH 26082 | Cambisol cálcico con áreas de | Franca | 2,84 | 2-5 | 2-0,5 | 0,029 |
| UH 26083 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2,15 | 2-5 | 2-0,5 | 0,035 |
| UH 26085 | Regosol cálcico | Franca | 1,28 | 2-5 | 2-0,5 | 0,045 |
| UH 26086 | Regosol cálcico | Franca | 1,35 | 2-5 | 2-0,5 | 0,040 |
| UH 26104 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 0,85 | 2-5 | 4-2 | 0,034 |
| UH 26107 | Cambisol cálcico | Franco arcillo limosa | 1,37 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,044 |
| UH 26108 | Fluvisol | Arcillo limosa | 2,53 | < 1 | < 0,15 | 0,032 |
| UH 26149 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1,30 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,037 |
| UH 26170 | Regosol cálcico | Franca | 2,22 | 2-5 | 2-0,5 | 0,030 |
| UH 26904 | Cambisol cálcico | Franca | 1,11 | 2-5 | 2-0,5 | 0,040 |
| UH 26905 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1,47 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,031 |
| UH 26919 | Regosol eútrico | Franco arcillosa | 1,63 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,031 |
| UH 26925 | Cambisol cálcico | Arcillosa | 2,24 | < 1 | < 0,15 | 0,021 |
| UH 26929 | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 4,51 | 2-5 | 4-2 | 0,027 |
| UH 26934 | Cambisol cálcico | Franca | 1,03 | 2-5 | 2-0,5 | 0,043 |
| UH 26942 | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2,12 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,034 |
| UH 26951 | Regosol eútrico | Franca | 1,16 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |

En la unidad de Glacis y rañas, el valor de erodibilidad promedio se ha calculado en 0,036 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, si bien dentro de este sector tienen lugar distintas situaciones destacables (Tabla 4.26). La erodibilidad más baja, 0,025 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, se corresponde con cambisoles asociados a leptosoles (UH 26145), y durisoles (UH 26168). Los primeros, localizados al sur de la Depresión de Arnedo, tienen un porcentaje de materia orgánica moderado, de 3,36%; y los segundos, que afloran en el término de Villarroya, cuentan con una textura arenosa, propiedad que les facilita la retención de la escorrentía y los hace estables. Los suelos más susceptibles a la erosión son los luvisoles cálcicos del término de Pradejón, con un valor de 0,042 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26087), y los regosoles eútricos del piedemonte septentrional de Cabimonteros, con 0,040 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26084), ambos de textura franca. Sin embargo, la tasa más alta de esta unidad y del área de estudio, 0,086 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, se corresponde con los regosoles cálcicos de textura franco limosa y pobres en materia orgánica (0,91%) del sector de Los Agudos (UH 26128).

Tabla 4.26. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica
Glacis y rañas

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|------------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26062 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 1,32 | 2-5 | 4-2 | 0,032 |
| UH 26084 | Regosol eútrico | Franca | 1,93 | 2-5 | 2-0,5 | 0,040 |
| UH 26087 | Luvisol cálcico | Franca | 1,42 | 2-5 | 2-0,5 | 0,042 |
| UH 26128 | Regosol cálcico | Franco limosa | 0,91 | 2-5 | 2-0,5 | 0,086 |
| UH 26145 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 3,36 | 2-5 | 4-2 | 0,025 |
| UH 26150 | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1,29 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,037 |
| UH 26168 | Durisol | Arena franca | 0,52 | > 5 | 15-4 | 0,025 |
| UH 26938 | Regosol cálcico con áreas de Cambisol cálcico | Franco arcillo arenosa | 2,27 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,032 |
| UH 26946 | Regosol cálcico | Franco arenosa | 1,17 | 2-5 | 2-0,5 | 0,034 |
| UH 26955 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 3,44 | 2-5 | 4-2 | 0,021 |

Los ratios de erodibilidad de la unidad Sierra de Alcarama oscilan entre mínimas de 0,029 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26199) y máximas de 0,049 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (UH 26190), calculándose el valor promedio en 0,039 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹. De hecho, puede comprobarse que la totalidad de los suelos presentes en este sector tiene valores de erodibilidad superiores a la media regional (Tabla 4.27). Los más erodibles son los cambisoles cálcicos de textura media con un contenido en materia orgánica bajo, entre 0,77 y 0,87%, al igual que la unidad de regosoles cálcicos y textura franco limosa (UH26950), si bien esta última es mucho más rica en materia orgánica (4,31%). De tal forma que su alta erodibilidad tiene explicación por el elevado porcentaje de la fracción limo (60%).

Tabla 4.27. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Alcarama

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|---|----------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26190 | Cambisol cálcico | Franca | 0,87 | 2-5 | 2-0,5 | 0,049 |
| UH 26191 | Cambisol cálcico | Franca | 2,87 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |
| UH 26195 | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 0,77 | 2-5 | 4-2 | 0,046 |
| UH 26196 | Cambisol cálcico | Franca | 2,34 | 2-5 | 2-0,5 | 0,033 |
| UH 26199 | Cambisol cálcico | Franca | 7,20 | 2-5 | 2-0,5 | 0,029 |
| UH 26200 | Regosol cálcico con áreas de Cambisol cálcico | Franca | 1,45 | 2-5 | 2-0,5 | 0,035 |
| UH 26945 | Cambisol cálcico | Franca | 3,84 | 2-5 | 2-0,5 | 0,036 |
| UH 26950 | Regosol cálcico | Franco limosa | 4,31 | 2-5 | 2-0,5 | 0,047 |

La tasa media más elevada del área de estudio, $0,042 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, se ha obtenido en la unidad weáldica de la Sierra de Yerga-Peñalosa (Tabla 4.28). El valor mínimo, $0,024 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26169), se identifica con cambisoles cálcicos con áreas de leptosoles de textura franco arcillosa abundantes en materia orgánica (3,91%), mientras que el valor máximo, $0,073 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (UH 26182), se corresponde con cambisoles cálcicos de textura franco limosa instalados en los alrededores del barranco de los Torcos, entre Grávalos y Ventas del Baño.

Tabla 4.28. Erodibilidad de las unidades homogéneas de suelo de la unidad fisiográfica Sierra de Yerga-Peñalosa

| UH | Tipo de suelos | Textura | MO % | S (mm) | p (cm/h) | K |
|----------|--|------------------|------|--------|----------|-------|
| UH 26169 | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arcillosa | 3,91 | 1-2 | 0,5-0,15 | 0,024 |
| UH 26179 | Cambisol cálcico | Franca | 0,81 | 2-5 | 2-0,5 | 0,068 |
| UH 26180 | Cambisol cálcico | Franca | 2,38 | 2-5 | 4-2 | 0,036 |
| UH 26181 | Luvisol crómico | Franca | 1,23 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |
| UH 26182 | Cambisol cálcico | Franco limosa | 2,35 | 2-5 | 2-0,5 | 0,073 |
| UH 26189 | Cambisol cálcico | Franca | 1,72 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |
| UH 26952 | Regosol cálcico | Franca | 1,94 | 2-5 | 2-0,5 | 0,039 |

4.2.3. Discusión

Al igual que en el factor R, la obtención de los datos necesarios para el cálculo de esta ecuación se ha visto limitada por la carencia de una cartografía edáfica actualizada que, además de situar espacialmente las tipologías de suelo, ofreciese información sobre las propiedades y composición físico-química de los mismos. Por ello ha sido necesario actualizar la taxonomía del Mapa de Suelos de la Provincia de Logroño de 1970 conforme a la nomenclatura WRB de la FAO/UNESCO y determinar sus propiedades a partir de la base de datos del Inventario Nacional de Erosión de Suelos de 2002-2012.

Por lo que se refiere a la ecuación de cálculo de la erodibilidad de los suelos, se ha optado por la formulación de Wischmeier y Smith (1978) citada por Mannaerts (1999), que difiere de la de Renard *et al* (1996) en la interpretación del parámetro M. No obstante, y a pesar de todas las limitaciones anteriores, los resultados obtenidos guardan una estrecha relación con los trabajos de otros autores que han utilizado el modelo RUSLE. Así por ejemplo, la erodibilidad de los suelos agrícolas riojanos es muy parecida a la registrada en suelos de Soria y el Pirineo Central.

En la cercana Cuenca de Almazán (Soria), Rodríguez García (2008) obtuvo ratios de erodibilidad inferiores a $0,010 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en suelos arenosos francos con un contenido bajo en materia orgánica (2,65%), mientras que en texturas franco arenosas y arenosas francas con un elevado contenido en materiales finos, se calcularon valores entre $0,010$ y $0,020 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Igualmente, los valores más elevados, entre $0,020$ y $0,035 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, se detectaron en los suelos de textura más fina, es decir, franco arcillosa, franco limosa y franco arcillo limosa.

Por su parte, López Vicente (2007), quien analizó diferentes unidades de suelos en el Pirineo Central, determinó valores máximos del factor K ($0,030$ y $0,040 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) en suelos con agregados granulares muy groseros bajos en materia orgánica; mientras que los valores mínimos ($<0,010 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) aparecen asociados a estructuras medias y groseras con alto contenido en materia orgánica.

Mucho más extenso es el estudio realizado por Zhang *et al* (2008) en suelos áridos del este de China, donde se han calculado valores de K entre $0,001$ y $0,040 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, estableciéndose el valor medio en $0,014 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Los valores de erodibilidad más altos, superiores a $0,030 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, se detectaron en suelos húmidos;

mientras que los más bajos, entre 0,001 y 0,009 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, se obtuvieron en litosoles y suelos lixiviados.

Otro trabajo de interés es el de Angima *et al* (2003) en la cuenca de Kianjuki (Kenya), donde afloran suelos de textura arcillosa (60% de arcilla, 27% de limo y 8% de arena) con un contenido en materia orgánica de 2,80%, que han arrojado un valor de erodibilidad de 0,016 T ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, muy similar a los de algunas de nuestras unidades aluviales.

5. EL FACTOR TOPOGRÁFICO (FACTOR LS) Y LA CUBIERTA VEGETAL Y LOS USOS DEL SUELO (FACTOR C) DEL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO

5.1. Factor topográfico (LS)

La influencia del relieve es determinante en los mecanismos de degradación de suelos por su incidencia en la escorrentía. La pendiente, la longitud y el perfil de la ladera son los factores que ejercen una mayor influencia en la erosión de las vertientes. El ángulo de inclinación de la pendiente determina la energía cinética que puede alcanzar la lámina de agua que circula en superficie y, en consecuencia, su potencial poder erosivo. A mayor ángulo de la pendiente la escorrentía se genera más rápidamente, mayor es la velocidad de circulación del agua y más efectiva su capacidad de transporte de sedimentos. Por el contrario, en pendientes de menor gradiente el agua discurre a menor velocidad, con lo cual tiene más posibilidad de infiltrarse en el subsuelo.

La longitud de la ladera es igualmente determinante. La mayor longitud de la pendiente favorece la concentración, el volumen y la velocidad del flujo superficial, intensificando la capacidad de desagregación y transporte de la escorrentía. Respecto a la morfología de la ladera es evidente que la erosión siempre es más acelerada en la zona superior (ladera convexa), por su mayor pendiente, siendo la zona inferior (ladera cóncava) donde se produce la deposición de los materiales.

El factor combinado LS de la RUSLE pretende reflejar la incidencia de la topografía sobre la pérdida de suelo en una ladera de longitud y pendiente determinadas frente a la erosión que se obtendría en una parcela estándar de 22,13 m (72,6 pies) de longitud y 9% de pendiente, manteniéndose estables el resto de los factores climáticos, edáficos, usos y conservación del suelo (Renard *et al*, 1996). L (longitud de la ladera) se define como la distancia horizontal desde el origen de la escorrentía hasta el punto en el que la pendiente de la ladera disminuye lo suficiente como para permitir la sedimentación, o bien hasta el punto donde la escorrentía se canaliza en un curso fluvial. S (inclinación de la ladera) refleja la incidencia del ángulo de la pendiente en la erosión. En el manual de uso del modelo RUSLE, el factor LS se calcula mediante dos ecuaciones propuestas por Foster *et al* (1977) y McCool *et al* (1989):

$$\begin{array}{l}
 \text{Si la pendiente} < 9 \% \quad \text{LS} = \overbrace{(\lambda / 22.13)^m}^{\text{L}} * \overbrace{(10.8 \operatorname{sen}\theta + 0.03)}^{\text{S}} \\
 \text{Si la pendiente} > 9 \% \quad \text{LS} = \overbrace{(\lambda / 22.13)^m}^{\text{L}} * \overbrace{(16.8 \operatorname{sen}\theta - 0.5)}^{\text{S}}
 \end{array}$$

donde LS es el factor topográfico; L el subfactor de longitud de la ladera; S el subfactor de inclinación de la ladera; λ la proyección horizontal de la pendiente en metros; y m el exponente de longitud de la pendiente, calculado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 m &= \beta / (1 + \beta) \\
 \beta &= (\operatorname{sen}\theta / 0.0896) / (3 \operatorname{sen}\theta^{0.8} + 0.56)
 \end{aligned}$$

donde β es la relación de la erosión en regueros y entre regueros, y θ el ángulo de la pendiente en radianes.

Sin embargo hay que tener en cuenta que las dos fórmulas anteriores no son aplicables a laderas con longitudes inferiores a 4,5 metros, ya que en ellas la erosión en regueros y entre regueros resultaría insignificante. En estas situaciones se proponen las siguientes ecuaciones:

$$\begin{array}{l}
 \text{Si la pendiente} < 9 \% \quad \text{LS} = \overbrace{(0.208)^m}^{\text{L}} * \overbrace{(10.8 \operatorname{sen}\theta + 0.03)}^{\text{S}} \\
 \text{Si la pendiente} > 9 \% \quad \text{LS} = \overbrace{(0.208)^m}^{\text{L}} * \overbrace{(3 \operatorname{sen}\theta^{0.8} + 0.56)}^{\text{S}}
 \end{array}$$

Igualmente, en el manual de uso de RUSLE se ofrecen tres tablas con valores tabulados de LS (Tablas 5.1, 5.2 y 5.3), que combinan la proyección horizontal de la ladera, el porcentaje de inclinación de la misma y la relación de erosión en regueros y entre regueros existente. Estos mismos autores aclaran que, cuando el perfil de la vertiente es irregular, es decir, cuando no hay una única longitud y pendiente representativas (laderas cóncavas o convexas), la forma más exacta para determinar el factor topográfico es dividir la parcela en varios segmentos de pendiente homogénea y similar longitud. Esta idea fue rechazada en nuestro caso desde el primer momento, considerando las fuentes de información de las que disponíamos (MDT) y la extensión del territorio analizado. El MDT apenas permitía identificar las laderas no uniformes y mucho menos realizar una división posterior de las mismas en segmentos uniformes.

Tabla 5.1. Valores del factor LS para una relación baja de erosión en regueros y entre regueros

| % | Longitud horizontal de la ladera (metros) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | < 1 | 2 | 3 | 3.5 | 4.5 | 7.5 | 15 | 23 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | 185 | 245 | 305 |
| 0,2 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 0,5 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| 1 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,17 |
| 2 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,35 |
| 3 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,57 |
| 4 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,35 | 0,43 | 0,46 | 0,50 | 0,54 | 0,58 | 0,61 | 0,63 | 0,67 | 0,74 | 0,78 | 0,82 |
| 5 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,44 | 0,52 | 0,57 | 0,62 | 0,66 | 0,73 | 0,78 | 0,81 | 0,87 | 0,97 | 1,04 | 1,10 |
| 6 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,50 | 0,61 | 0,68 | 0,74 | 0,83 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,08 | 1,21 | 1,31 | 1,40 |
| 8 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,64 | 0,79 | 0,90 | 0,99 | 1,12 | 1,23 | 1,32 | 1,40 | 1,53 | 1,74 | 1,91 | 2,05 |
| 10 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,68 | 0,81 | 1,03 | 1,19 | 1,31 | 1,51 | 1,67 | 1,80 | 1,92 | 2,13 | 2,45 | 2,71 | 2,93 |
| 12 | 0,61 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,83 | 1,01 | 1,31 | 1,52 | 1,69 | 1,97 | 2,20 | 2,39 | 2,56 | 2,85 | 3,32 | 3,70 | 4,02 |
| 14 | 0,63 | 0,76 | 0,85 | 0,92 | 0,98 | 1,20 | 1,58 | 1,85 | 2,08 | 2,44 | 2,73 | 2,99 | 3,21 | 3,60 | 4,23 | 4,74 | 5,18 |
| 16 | 0,65 | 0,82 | 0,94 | 1,04 | 1,12 | 1,38 | 1,85 | 2,18 | 2,46 | 2,91 | 3,28 | 3,60 | 3,88 | 4,37 | 5,17 | 5,82 | 6,39 |
| 20 | 0,66 | 0,93 | 1,11 | 1,26 | 1,39 | 1,74 | 2,37 | 2,84 | 3,22 | 3,85 | 4,38 | 4,83 | 5,24 | 5,95 | 7,13 | 8,10 | 8,94 |
| 25 | 0,73 | 1,06 | 1,30 | 1,51 | 1,70 | 2,17 | 3,00 | 3,83 | 4,16 | 5,03 | 5,76 | 6,39 | 6,96 | 7,97 | 9,65 | 11,04 | 12,26 |
| 30 | 0,77 | 1,16 | 1,48 | 1,75 | 2,00 | 2,57 | 3,60 | 4,40 | 5,06 | 6,18 | 7,11 | 7,94 | 8,68 | 9,99 | 12,19 | 14,04 | 15,66 |
| 40 | 0,85 | 1,36 | 1,79 | 2,17 | 2,53 | 3,30 | 4,73 | 5,84 | 6,78 | 8,37 | 9,71 | 10,91 | 11,99 | 13,92 | 17,19 | 19,96 | 22,41 |
| 50 | 0,91 | 1,52 | 2,06 | 2,54 | 3,00 | 3,95 | 5,74 | 7,14 | 8,33 | 10,37 | 12,11 | 13,65 | 15,06 | 17,59 | 21,88 | 25,55 | 28,82 |
| 60 | 0,97 | 1,67 | 2,29 | 2,86 | 3,41 | 4,52 | 6,63 | 8,29 | 9,72 | 12,16 | 14,26 | 16,13 | 17,84 | 20,92 | 26,17 | 30,68 | 34,71 |

Tabla 5.2. Valores del factor LS para una relación media de erosión en regueros y entre regueros

| % | Longitud horizontal de la ladera (metros) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | < 1 | 2 | 3 | 3.5 | 4.5 | 7.5 | 15 | 23 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | 185 | 245 | 305 |
| 0,2 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 0,5 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| 1 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,20 |
| 2 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,41 | 0,44 | 0,47 |
| 3 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,25 | 0,32 | 0,36 | 0,39 | 0,44 | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,60 | 0,68 | 0,75 | 0,80 |
| 4 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,31 | 0,40 | 0,47 | 0,52 | 0,60 | 0,67 | 0,72 | 0,77 | 0,86 | 0,99 | 1,10 | 1,19 |
| 5 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,37 | 0,49 | 0,58 | 0,65 | 0,76 | 0,85 | 0,93 | 1,01 | 1,13 | 1,33 | 1,49 | 1,63 |
| 6 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,43 | 0,56 | 0,69 | 0,78 | 0,93 | 1,05 | 1,16 | 1,25 | 1,42 | 1,69 | 1,91 | 2,11 |
| 8 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,53 | 0,74 | 0,91 | 1,04 | 1,26 | 1,45 | 1,62 | 1,77 | 2,03 | 2,47 | 2,83 | 3,15 |
| 10 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,67 | 0,97 | 1,19 | 1,38 | 1,71 | 1,98 | 2,22 | 2,44 | 2,84 | 3,50 | 4,06 | 4,56 |
| 12 | 0,47 | 0,53 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,84 | 1,23 | 1,53 | 1,79 | 2,23 | 2,61 | 2,95 | 3,26 | 3,81 | 4,75 | 5,56 | 6,28 |
| 14 | 0,48 | 0,58 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 1,00 | 1,48 | 1,86 | 2,19 | 2,76 | 3,25 | 3,69 | 4,09 | 4,82 | 6,07 | 7,15 | 8,11 |
| 16 | 0,49 | 0,63 | 0,72 | 0,79 | 0,85 | 1,15 | 1,73 | 2,20 | 2,60 | 3,30 | 3,90 | 4,45 | 4,95 | 5,86 | 7,43 | 8,79 | 10,02 |
| 20 | 0,52 | 0,71 | 0,85 | 0,95 | 1,06 | 1,45 | 2,22 | 2,65 | 3,40 | 4,36 | 5,21 | 5,97 | 6,68 | 7,97 | 10,23 | 12,20 | 13,99 |
| 25 | 0,56 | 0,80 | 1,00 | 1,16 | 1,30 | 1,81 | 2,82 | 3,65 | 4,39 | 5,69 | 6,83 | 7,88 | 8,86 | 10,65 | 13,80 | 16,58 | 19,13 |
| 30 | 0,59 | 0,89 | 1,13 | 1,34 | 1,53 | 2,15 | 3,39 | 4,42 | 5,34 | 6,98 | 8,43 | 9,76 | 11,01 | 13,30 | 17,37 | 20,99 | 24,31 |
| 40 | 0,65 | 1,05 | 1,38 | 1,68 | 1,95 | 2,77 | 4,45 | 5,87 | 7,14 | 9,43 | 11,47 | 13,37 | 15,14 | 18,43 | 24,32 | 29,60 | 34,48 |
| 50 | 0,71 | 1,18 | 1,59 | 1,97 | 2,32 | 3,32 | 5,40 | 7,17 | 8,78 | 11,66 | 14,26 | 16,67 | 18,94 | 23,17 | 30,78 | 37,65 | 44,02 |
| 60 | 0,76 | 1,30 | 1,78 | 2,23 | 2,65 | 3,81 | 6,24 | 8,33 | 10,23 | 13,65 | 16,76 | 19,64 | 22,36 | 27,45 | 36,63 | 44,96 | 52,70 |

Tabla 5.3. Valores del factor LS para una relación alta de erosión en regueros y entre regueros

| % | Longitud horizontal de la ladera (metros) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | < 1 | 2 | 3 | 3.5 | 4.5 | 7.5 | 15 | 23 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | 185 | 245 | 305 |
| 0,2 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 0,5 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,13 |
| 1 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,27 |
| 2 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,16 | 0,21 | 0,25 | 0,28 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,48 | 0,56 | 0,63 | 0,69 |
| 3 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,21 | 0,30 | 0,36 | 0,41 | 0,50 | 0,57 | 0,64 | 0,69 | 0,80 | 0,96 | 1,10 | 1,23 |
| 4 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,26 | 0,38 | 0,47 | 0,55 | 0,68 | 0,79 | 0,89 | 0,98 | 1,14 | 1,42 | 1,65 | 1,86 |
| 5 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 0,46 | 0,58 | 0,68 | 0,86 | 1,02 | 1,16 | 1,28 | 1,51 | 1,91 | 2,25 | 2,55 |
| 6 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,36 | 0,54 | 0,69 | 0,82 | 1,05 | 1,25 | 1,43 | 1,60 | 1,90 | 2,43 | 2,69 | 3,30 |
| 8 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,45 | 0,70 | 0,91 | 1,10 | 1,43 | 1,72 | 1,99 | 2,24 | 2,70 | 3,52 | 4,24 | 4,91 |
| 10 | 0,35 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,57 | 0,91 | 1,20 | 1,46 | 1,92 | 2,34 | 2,72 | 3,09 | 3,75 | 4,95 | 6,03 | 7,02 |
| 12 | 0,36 | 0,41 | 0,45 | 0,47 | 0,49 | 0,71 | 1,15 | 1,54 | 1,88 | 2,51 | 3,07 | 3,60 | 4,09 | 5,01 | 6,67 | 8,17 | 9,57 |
| 14 | 0,38 | 0,45 | 0,51 | 0,55 | 0,58 | 0,85 | 1,40 | 1,87 | 2,31 | 3,09 | 3,81 | 4,48 | 5,11 | 6,30 | 8,45 | 10,40 | 12,23 |
| 16 | 0,39 | 0,49 | 0,56 | 0,62 | 0,67 | 0,98 | 1,64 | 2,21 | 2,73 | 3,68 | 4,56 | 5,37 | 6,15 | 7,60 | 10,26 | 12,69 | 14,96 |
| 20 | 0,41 | 0,56 | 0,67 | 0,76 | 0,84 | 1,24 | 2,10 | 2,86 | 3,57 | 4,85 | 6,04 | 7,16 | 8,23 | 10,24 | 13,94 | 17,35 | 20,57 |
| 25 | 0,45 | 0,64 | 0,80 | 0,93 | 1,04 | 1,56 | 2,67 | 3,67 | 4,59 | 6,30 | 7,88 | 9,38 | 10,81 | 13,53 | 18,57 | 23,24 | 27,66 |
| 30 | 0,48 | 0,72 | 0,91 | 1,08 | 1,24 | 1,86 | 3,22 | 4,44 | 5,58 | 7,70 | 9,67 | 11,55 | 13,35 | 16,77 | 23,14 | 29,07 | 34,71 |
| 40 | 0,53 | 0,85 | 1,13 | 1,37 | 1,59 | 2,41 | 4,24 | 5,89 | 7,44 | 10,35 | 13,07 | 15,67 | 18,17 | 22,95 | 31,89 | 40,29 | 48,29 |
| 50 | 0,58 | 0,97 | 1,31 | 1,62 | 1,91 | 2,91 | 5,16 | 7,20 | 9,13 | 12,75 | 16,16 | 19,42 | 22,57 | 28,60 | 39,95 | 50,63 | 60,84 |
| 60 | 0,63 | 1,07 | 1,47 | 1,84 | 2,19 | 3,36 | 5,97 | 8,37 | 10,63 | 14,89 | 18,92 | 22,76 | 26,51 | 33,67 | 47,18 | 59,93 | 72,15 |

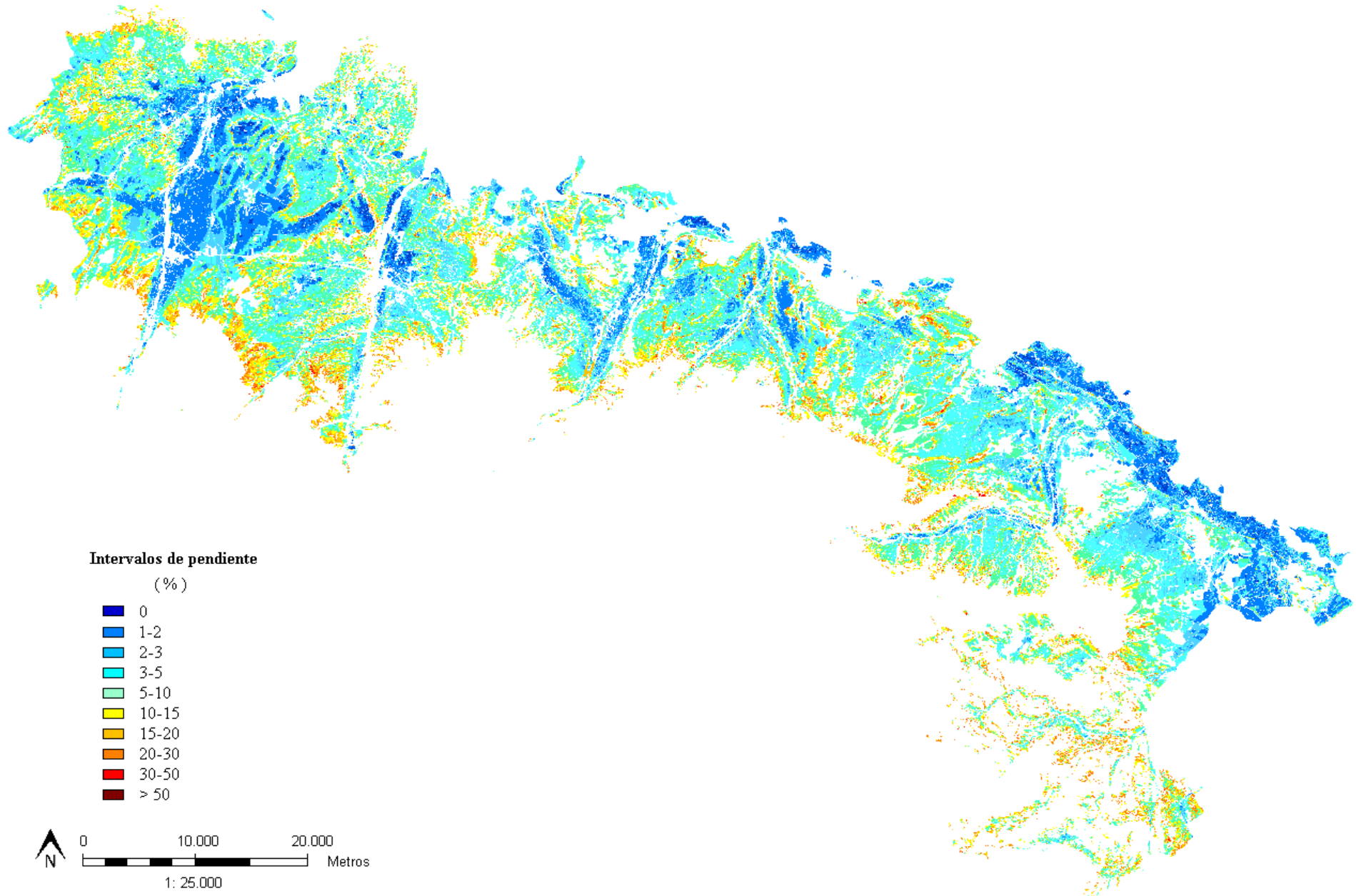
5.1.1. El factor LS en el espacio agrícola riojano

En este apartado, se expone el procedimiento utilizado para la obtención del factor LS en el área de estudio, mostrando al mismo tiempo los resultados parciales y globales obtenidos.

Para la obtención del mapa de pendientes del espacio agrícola riojano se utilizaron dos fuentes de información. Por un lado, la cartografía catastral facilitada por el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) permitió conocer las pendientes medias (en porcentaje) de estas parcelas. En cualquier caso, algunos de los municipios que integran el parcelario agrícola riojano presentan importantes lagunas de información en este sentido, por lo que esta fuente hubo de ser complementada con las pendientes derivadas de un MDT elaborado por Luis Ortigosa Izquierdo. Este MDT se generó a partir de la interpolación, mediante MFWorks 3.0, de las curvas de nivel del mapa topográfico del servicio cartográfico del Gobierno de La Rioja (IDERioja). Ambos mapas (el derivado del SIGPAC y el derivado del MDT) constituyen las bases a partir de las cuales se derivó el mapa de pendientes necesario para analizar la configuración del terreno, las redes de drenaje y las vertientes hacia un determinado punto (Mapa 5.1).

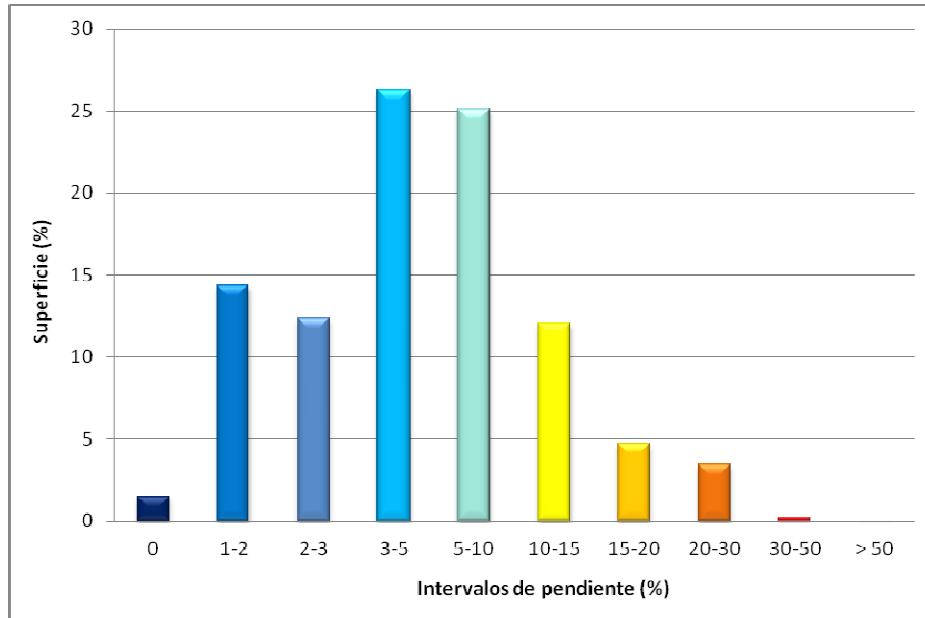
En el Gráfico 5.1 y el Mapa 5.1 aparecen los resultados correspondientes al análisis de las pendientes en el área de estudio. Los intervalos utilizados son los mismos que los manejados por Renard *et al* (1996). Destaca el predominio de espacios con una topografía poco inclinada (1-5%), ya que más de la mitad (52,94%) del mosaico agrario regional se incluye en esta categoría. Estos espacios se localizan en los fondos de valle y las geoformas planas características del Cuaternario en la Depresión del Ebro, destacando por su extensión los del Oja-Tirón, Iregua y el propio Valle del Ebro en la Rioja Baja.

Las parcelas con las pendientes más acusadas, con una inclinación superior a 30%, se encuentran al suroeste de la región, en las áreas inmediatas al piedemonte septentrional de la Sierra de La Demanda y los cursos altos de los ríos demandinos, aunque apenas representan el 0,2% de la superficie cultivada regional. El 20,23% del espacio agrícola presenta pendientes entre 15-30%, correspondiéndose en general con los taludes y rampas que conectan diferentes niveles de terrazas y glacis, así como con barrancos y afluentes de los tramos medios de los ríos riojanos.



Mapa 5.1. Intervalos de pendiente del área de estudio

Gráfico 5.1. Intervalos de pendiente en el área de estudio

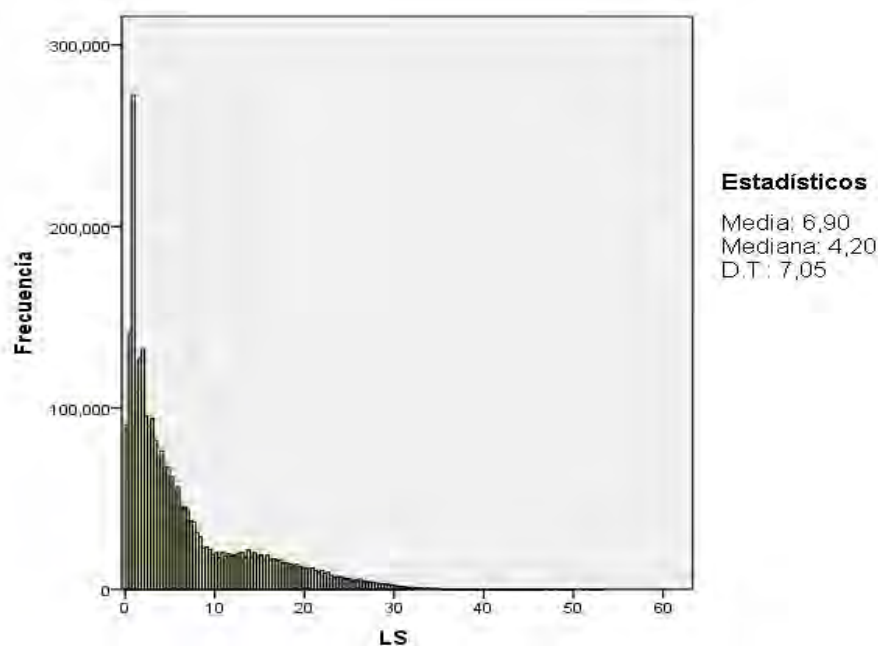


Para calcular la longitud horizontal de las pendientes (λ), necesaria para obtener el subfactor L en laderas con una longitud superior a 4,5 metros, se utilizó el algoritmo “Longitud de pendiente” que aporta el programa GvSIG. Este algoritmo se basa en la distancia que existe entre celdas de diferente inclinación del MDT. Del cómputo entre estos valores y su exponente de longitud (m) se obtuvo el subfactor L. Los resultados obtenidos para este subfactor muestran un valor medio de 1,129, con mínimos y máximos de 0,286 y 3,709, respectivamente.

Por su parte, el subfactor S, calculado en base a los ángulos de las pendientes (θ) presenta mínimas de 0,030 y máximas de 15,831, siendo el promedio de 4,649.

Finalmente, el mapa del factor topográfico LS, producto de los dos subfactores anteriores (Mapa 5.2), arroja valores situados entre 0,030 y 53,025, estableciéndose el promedio en 6,902. El histograma correspondiente al factor topográfico (Fig 5.1) muestra una distribución muy sesgada de los valores de LS, acumulándose las frecuencias en los valores bajos.

Fig 5.1. Histograma del factor topográfico



El análisis espacial de los valores del factor LS presenta detalles interesantes. Los valores mínimos ($LS = <0,05$) se corresponden con el 1,51% del espacio agrario, en parcelas localizadas fundamentalmente en zonas de topografía casi llana que flanquean las llanuras aluviales de los ríos Oja y Tirón, entre Sajazarra y Rodezno, el curso bajo del Najerilla, entre Nájera y Cenicero; y el río Ebro desde Logroño hasta Alfaro.

Frente a ellos, los valores más elevados ($LS = >50$) se asocian a plantaciones de almendro establecidas sobre áreas de fuerte pendiente, como ocurre en la red de barrancos que drena el sur de la Sierra de Alcarama y atraviesa los términos de Cornago, Navajún y Valdemadera, en el sureste de la región. Valores de $LS = 30-50$ aparecen en los campos cultivados sobre los taludes de los glacis medios y altos en los piedemontes de Sierra de la Demanda y Sierra La Hez, así como los angostos barrancos que bajan desde la Sierra de Yerga, en los términos de Villarroya y Grávalos, aunque en ambos casos las superficies afectadas por estos valores representan una proporción mínima del espacio agrícola analizado.

El valor del factor LS más representado en el territorio es el correspondiente al intervalo 1-5, que supone el 39% del espacio, y se identifica con las formas acumulativas más características de la Depresión, principalmente con terrazas y glacis

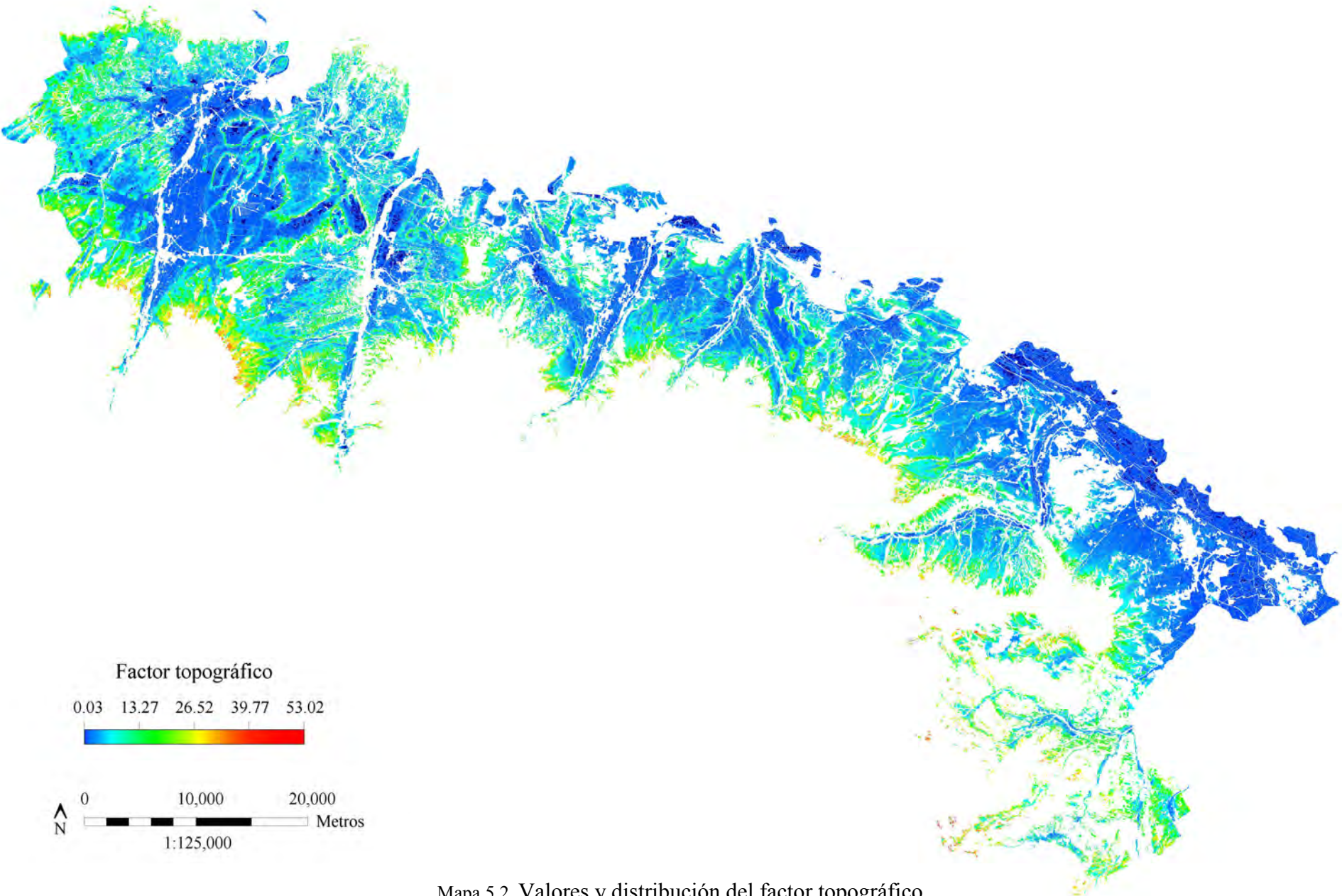
Capítulo 5. El factor topográfico (Factor LS) y la cubierta vegetal y los usos del suelo (Factor C) del espacio agrícola riojano

medios y bajos con pendiente entre 2-9%, así como la práctica totalidad de la llanura aluvial de los ríos de la mitad oriental. Por su parte, el 28,09% del territorio, en concreto los espacios con un porcentaje de pendiente entre 10-23%, presenta un rango de valores moderado (LS = 5-15). Se trata de parcelas emplazadas sobre taludes y rampas entre diferentes niveles, así como glacis de nivel II, III y IV (Gonzalo Moreno, 1981).

En el 17,41% de la superficie regional los ratios son más bien bajos (LS = 0,05-1) y coinciden con zonas de escasa pendiente (1-2%), como la llanura aluvial y primeras terrazas de los tramos bajos de los ríos demandinos, el sector del río Ebro entre Agoncillo y Alfaro, el curso bajo del río Cidacos a partir de Autol, los glacis de nivel II y IV del sur de Briones y San Asensio y el glacis de nivel IV entre Murillo de río Leza y Santa Engracia del Jubera. El 13,39% de la superficie restante, que cuenta con intervalos de pendiente entre 24-40 %, presenta valores moderadamente altos del factor topográfico (LS = 15-30), correspondientes a las laderas más inmediatas a las estribaciones septentrionales del Sistema Ibérico, el piedemonte meridional de la Sierra de Obarenes-Cantabria, el tramo medio de los ríos Tirón y Najerilla así como sus afluentes y los terrenos que flanquean la extensa red de barrancos que drenan las sierras de Yerga-Peñalosa y Alcarama.

Una primera conclusión que puede extraerse de los resultados obtenidos y de su distribución espacial es la decisiva importancia de la pendiente en la definición de los valores de LS: las zonas con los valores más altos se corresponden con sectores de elevada pendiente, a la vez que las zonas menos pendientes presentan valores mucho más moderados.

En cualquier caso los resultados obtenidos se encuentran muy cercanos a los estimados por Terranova *et al* (2009) en la región de Calabria (LS min = 0-0,03 y LS max = 30), si bien estos autores utilizan la fórmula de Moore y Burch (1996), que considera el área contributiva de cada pixel aguas arriba en lugar del parámetro de longitud de la pendiente. A escala de cuenca, Kouli *et al* (2008) obtuvieron en la prefectura de Chania (noroeste de Creta) rangos del factor topográfico entre 0-71 (Magagistra), 0-45 (Millas), 0-66 (Arapi) y 0-78 (Therissos); mientras que López Vicente (2007) obtuvo en la cuenca de Estaña un valor LS medio de 5,1 y máximo de 61,3.



Mapa 5.2. Valores y distribución del factor topográfico

5.2. Factor de cubierta vegetal y usos del suelo (C)

Gran parte de la erosión que afecta a los suelos agrícolas tiene que ver con la mayor o menor protección que ofrecen las cubiertas vegetales, principalmente en laderas cultivadas. Como indican García Ruiz y López Bermúdez (2009), la vegetación es el factor más importante para comprender la intensidad de la erosión del suelo en la medida en que la cobertura vegetal reduce el potencial erosivo de las gotas de lluvia al interceptarlas y disipar su energía. Asimismo, la vegetación más superficial funciona como barrera de la escorrentía, reduciendo la velocidad de la misma, modificando el curso del flujo y facilitando la infiltración del agua en subsuelo.

El factor C del modelo RUSLE valora precisamente el efecto protector de las cubiertas vegetales y los diferentes sistemas de laboreo y gestión sobre la pérdida anual de suelos. Según Renard *et al* (1996), el factor C expresa la relación entre la pérdida de suelo en una parcela que presenta cierto porcentaje de cobertura vegetal y la pérdida que tendría lugar en una parcela en barbecho, siendo similares en ambas el resto de factores. El valor promedio anual de este factor, que oscila entre 0 (efectividad total de control de la erosión) y 1 (efectividad nula), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SLR = PLU * CC * SM * SR * SC$$

SLR (Soil Loss Ratio) es la relación de pérdida de suelo mensual,

PLU (Prior Land Use) es el subfactor de uso previo del suelo, que expresa la influencia de los residuos existentes antes del cultivo y los efectos de las prácticas de cultivo previas a la consolidación del suelo,

CC (Canopy Cover) es el subfactor de cobertura de dosel, que refleja el efecto de la cobertura vegetal aérea,

SM (Soil Moisture) es el subfactor de humedad del suelo,

SR (Surface Roughness) es el subfactor de rugosidad de la superficie tras las prácticas agrícolas,

SC (Surface Cover) es el subfactor de cobertura superficial, que influye sobre la capacidad de transporte de la escorrentía.

El cómputo final de C a partir de los valores de pérdida de suelo mensuales (SLR) se estima de la siguiente forma:

$$C = (SLR_1 * EI_1 + SLR_2 * EI_2 + SLR_3 * EI_3 + \dots + SLR_n * EI_n) / EI_t$$

Donde SLR es el ratio de pérdida de suelos mensual; EI es el factor R mensual (IMF en este caso); y EI_t el factor R anual.

La obtención de cada uno de estos factores resulta sumamente laboriosa, pues requiere una gran cantidad de datos y el manejo de múltiples fuentes. De hecho, Wischmeier y Smith (1976) señalan que muchos autores tienden a calcular el factor C con cierto descuido al no tener en cuenta las diferentes etapas de desarrollo de las especies cultivadas, los residuos dejados por los cultivos precedentes, la desigual distribución anual de las precipitaciones y la efectividad de las prácticas de conservación (Almorox et al, 2010). A ello se añade que para calcular SLR, cada uno de los cinco subfactores que lo condicionan debe estimarse bien cada 15 días (PLU) o bien mensualmente (CC, SM, SR y SC) a partir de las fórmulas propuestas por Renard *et al* (1996).

En las páginas siguientes se presenta la estimación del factor C para el espacio agrícola riojano. La compartimentación del espacio agrícola y la heterogeneidad tanto de los cultivos utilizados como del manejo de los mismos han hecho que su cálculo fuera una tarea muy ingente de manejo de datos, de consulta bibliográfica y de trabajo de campo, que apenas queda reflejada en este capítulo. Por otra parte, el análisis independiente de los factores para los distintos cultivos hace de este capítulo uno de los más extensos y de más difícil lectura.

5.2.1. El uso previo de la tierra (Subfactor PLU)

El subfactor PLU (Prior Land Use), o subfactor de uso previo de la tierra, considera la influencia de los residuos sub-superficiales del cultivo anterior así como los efectos de las prácticas agrícolas previas a la consolidación del suelo. El cálculo de PLU, con valores comprendidos entre 0 y 1, ha de realizarse mensualmente con el algoritmo propuesto por Yoder *et al* (1996) en el manual de RUSLE:

$$PLU = C_f * C_b * exp - [(- C_{ur} * B_{ur}) + (C_{us} * B_{us} / C_f^{C_{uf}})]$$

Donde PLU es el subfactor de uso previo del suelo, C_f es el factor de consolidación del suelo, C_b es la efectividad del residuo del cultivo previo en la consolidación, exp es la función exponencial, C_{ur} y C_{us} son coeficientes que expresan la efectividad de la cobertura del suelo para reducir la erosión (lb/acre/in), B_{ur} es la densidad de raíces vivas o muertas enterradas en los primeros 10 cm del suelo (lb/acre/in), B_{us} es la densidad de residuos vegetales incorporados al suelo en las operaciones de labranza y C^{uf} es el coeficiente que representa el efecto la incorporación de los residuos sub-superficiales sobre la consolidación del suelo. En definitiva, conocer PLU representa tener información sobre la cantidad de residuo dejado por el cultivo anterior en la parcela, la cantidad del mismo que queda enterrado tras las labores de la maquinaria y el peso de la masa de raíces de cada uno de los cultivos en las diferentes etapas de desarrollo vegetativo.

Los valores de C_f oscilan entre 1, para suelos recién removidos, y 0,45, que es el valor de un suelo que no se voltea en 7 años. Los valores de los coeficientes C_b , C_{ur} , C_{us} y C^{uf} aparecen calibrados en el manual RUSLE en 0,951 lb/acre/in, 0,00199, lb/acre/in 0,000416 lb/acre/in y 0,5 lb/acre/in, respectivamente. Asimismo, el manual facilita los valores del parámetro B_{ur} para el cereal de invierno.

El subfactor PLU no ha podido ser analizado para los cultivos leñosos debido a la difícil obtención de los parámetros B_{ur} y B_{us} . Al contrario que en las especies herbáceas, estimar la masa de raíces en especies leñosas resulta muy complicado y la bibliografía a la que se puede acudir se centra principalmente en la producción energética y en ensayos de productos fitosanitarios. No obstante, y como se verá en el apartado del subfactor SC, se ha comprobado que la cantidad de residuo enterrado en el subsuelo tras las operaciones de labranza anuales es muy reducida, ya que tan solo un 5% de los desechos generados tras la cosecha y la poda

permanecen en la parcela. Así pues se ha asignado un valor PLU de 1 a todo el conjunto de los cultivos leñosos.

Por otra parte el valor de C_f en cereal de grano, hortalizas, leguminosas, cultivos industriales y forrajeras se ha estimado en 1 ya que, como se podrá comprobar en el apartado dedicado a las operaciones de cultivo, el suelo se mantiene en remoción constante buena parte del año, por lo que se le otorga el valor 1 correspondiente a suelos recién removidos.

En los casos en los que no existía información, se realizó un análisis bibliográfico y un muestreo de campo. Ese fue el caso de los siguientes cultivos: coliflor, judía verde, haba, col y repollo, para los que se determinó la densidad y peso aproximado de la masa de raíces en las diferentes etapas de desarrollo vegetal. Los resultados se muestran de forma resumida en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Masa radical en las diferentes etapas de desarrollo (lb/acre). Fuente: varios autores y elaboración propia *

| Cultivo | Brote | Desarrollo 25-50 % | Desarrollo 50-75 % | Madurez | Post-cosecha |
|---------------------|-------|--------------------|--------------------|---------|--------------|
| Alcachofa | 30.8 | 30.8 | 5.985 | 5.985 | 2.145 |
| Cebolla | 1.155 | 3.465 | 3.465 | 3.620 | 644,8 |
| Cereal | 30 | 320 | 340 | 660 | 240 |
| Col y repollo* | 15 | 160 | 275 | 322 | 225,4 |
| Coliflor y brócoli* | 15 | 160 | 275 | 322 | 32,2 |
| Colza | 440 | 870 | 2.631,3 | 4.400 | 2.310 |
| Forrajeras | 150 | 825 | 1.125 | 1.500 | 1.050 |
| Girasol | 214,5 | 1.285,8 | 1.714,4 | 2.143 | 23,57 |
| Guisante verde | 23,35 | 116,7 | 302,25 | 467 | 326,9 |
| Judía verde y haba* | 95 | 280 | 365 | 365 | 255,5 |
| Lechuga y escarola | 695 | 2.270 | 3.240 | 3.240 | 2.268 |
| Remolacha azucarera | 9.240 | 23.100 | 73.900 | 92.400 | - |
| Patata | 25 | 285 | 325 | 650 | - |
| Pimiento | 90 | 1.001 | 1.545 | 1.820 | 1.275 |
| Tomate | 275 | 460 | 1.570 | 1.850 | 1.295 |
| Zanahoria | 0 | 3.060 | 14.040 | 19.980 | - |

De igual manera se procedió para conocer la cantidad de residuo vegetal que permanece en superficie antes de la siembra del cultivo siguiente. Ésta es enormemente variable, ya que viene condicionado por la biomasa potencial generada por el cultivo anterior así como por los

sistemas de laboreo y remoción del suelo adoptados por el agricultor tras la cosecha. En la Tabla 5.5 se muestra la cantidad de residuo total generado por cada cultivo y la cantidad de residuo que permanece en superficie después de las últimas labores agrícolas previas a la siembra siguiente.

Tabla 5.5. Residuo generado por los cultivos y residuo que queda en superficie tras las labores post-cosecha (lb/acre). Fuente: varios autores

| Cultivo | Residuo (lb/acre/in) real del cultivo | Residuo (lb/acre/in) tras labores de alzado |
|---------------------|---------------------------------------|---|
| Alcachofa | 9.287 | 8.358 |
| Cebolla | 570 | 137 |
| Cereal | 2.000 | 1.600 |
| Col | 1.950 | 228 |
| Coliflor y brócoli | 1.950 | 1.755 |
| Colza | 2.000 | 480 |
| Forrajas | 2.166 | 520 |
| Girasol | 2.700 | 885 |
| Guisante verde | 3.130 | 750 |
| Haba | 1.516 | 364 |
| Judía verde | 1.102 | 265 |
| Lechuga y escarola | 2.730 | 820 |
| Patata | 1.000 | 800 |
| Pimiento | 2.600 | 624 |
| Remolacha azucarera | 3.836 | 153 |
| Repollo | 1.950 | 468 |
| Tomate | 2.880 | 620 |
| Remolacha azucarera | 3.836 | 153 |
| Zanahoria | 570 | 137 |

La mayor complejidad para el cálculo de PLU viene de la mano de las alternativas de rotación agrícola utilizadas por los agricultores riojanos. Estas alternativas, como es lógico, dependen de la demanda del mercado, de la rentabilidad del producto y de las recomendaciones propias del cultivo en base a sus exigencias nutritivas. Pero acaban condicionando parámetros como la presencia de restos superficiales en las parcelas y la variación de la importancia de la masa radical... y, en definitiva, el valor del factor PLU a lo largo del año para los distintos tipos de cultivo y sus rotaciones. A continuación se presenta la estimación del valor de PLU en cada uno de los cultivos de referencia, considerando distintas rotaciones, pero tomando finalmente el valor promedio de todas las combinaciones posibles.

A) Subfactor PLU en cereal de grano

En el laboreo tradicional, dentro del ciclo de rotaciones y alternativas, los cultivos precedentes al cereal suelen ser leguminosas de grano (guisante y judía verde), oleaginosas (girasol y colza), forrajeras (veza forrajera, alfalfa, etc) u otros cereales. A finales de verano o principios de otoño, el 95% de los restos vegetales generados por el cultivo anterior son incorporados al suelo con una labor profunda con arado de vertedera, acción que se complementa con sucesivas pasadas con cultivador que entierran el 25% del residuo que permanecía en superficie (PLU = 0,95). La temporada de siembra comienza a principios de invierno mediante el empleo de sembradoras que incorporan al suelo el 20% del residuo vegetal (PLU = 0,90).

Con la germinación de la semilla la masa de raíces del cereal empieza a tener entidad, pasando, según Renard *et al* (1996), de 30 lb/acre en noviembre (PLU = 0,90) a 120 lb/acre en diciembre (PLU = 0,75). En los meses de primavera, mientras se desarrollan las plantas, el peso de las raíces se duplica hasta 320 lb/acre (PLU = 0,50), alcanzando su peso máximo entre junio y julio con 1.200 lb/acre, momento en el que comienza la temporada de cosecha. El paso de la maquinaria cosechadora afecta a las 3 primeras pulgadas del suelo y deja enterrado el 20% del rastrojo generado por el cereal, 2.000 lb/acre, suma que se agrega a la cantidad de residuo que permanecía enterrado (PLU = 0,76).

Tabla 5.6. Parámetros de PLU en cereal de grano

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | - | 3 | 3 | - | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | - | 20 | 20 | - | 25 | 25 | 15 | 15 |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | - | 80 | 80 | - | 75 | 75 | 85 | 85 |
| B _{ur} | 320 | 320 | 320 | 340 | 660 | 240 | 240 | - | - | - | 30 | 120 |
| B _{us} tras cereal | - | - | - | - | - | 410,2 | 410,2 | - | 20 | 20 | 9 | 9 |
| B _{us} tras judía | - | - | - | - | - | 401,6 | 401,6 | - | 3,31 | 3,31 | 1,49 | 1,49 |
| B _{us} tras colza | - | - | - | - | - | 403 | 403 | - | 6 | 6 | 2,7 | 2,7 |
| B _{us} tras forraje | - | - | - | - | - | 403,3 | 403,3 | - | 6,5 | 6,5 | 2,92 | 2,92 |
| PLU | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,48 | 0,26 | 0,76 | 0,76 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,90 | 0,75 |

B) Subfactor PLU en hortalizas de flor

La normativa elaborada por Gil-Albarellos *et al* (2013) para la producción de alcachofa en La Rioja recomienda su cultivo tras un año de cereal de grano, cebolla, leguminosas proteaginosas (guisante verde y haba) o lechuga; estando prohibida la repetición de alcachofa tras alcachofa. La cantidad de rastrojo dejado por la cosecha anterior es muy variable, pudiendo oscilar entre los 1.600 lb/acre del cereal (Renard *et al*, 1996) y los 137 lb/acre de la cebolla (Mitchel *et al*, 1999). Por otra parte, las labores preparatorias que se llevan a cabo en junio con pases de subsolador o chisel entierran el 55% de este residuo, labor que se completa con sucesivas pasadas con grada pesada que incorporan al suelo el 65% del residuo que quedó en superficie (PLU =1).

La planta posee un rizoma subterráneo del que parten numerosas raíces gruesas capaces de penetrar hasta 90-120 cm de profundidad. Según Morone-Fortunato *et al* (2005), el peso del conjunto de raíces de las primeras plántulas nacidas o trasplantadas a mediados de verano oscila entre 0,005 y 3,5 gr/planta (PLU = 0,98), alcanzando un peso final de 6,7 t/ha (5.985 lb/acre) en su madurez (PLU = 0,02). Tras la recolección manual, que tiene lugar a mediados de verano, la planta permanece en la parcela hasta su completo secado, momento en el que se procede a su eliminación. Lenzi *et al* (2014) estimaron la cantidad de residuo fresco en 50,6 t/ha (45.185,8 lb/acre), siendo el peso en seco de 10,4 t/ha (9.287,2 lb/acre), el 10% del cual se incorpora al suelo tras varias labores con desbrozadora o segadora que trituran los restos de la planta (PLU = 0,42). Asimismo el sistema radical, también afectado por el agostamiento de la planta, disminuye su peso en 2,4 t/ha (2.145 lb/acre).

Tabla 5.7. Parámetros de PLU en alcachofa

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | - | 6 | 4 | 4 | 2 | - | - | - |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | - | 65 | 80 | 80 | 10 | - | - | - |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | - | 35 | 20 | 20 | 90 | - | - | - |
| B _{ur} | - | - | - | - | - | 30,8 | 30,8 | 5.985 | 2.145 | - | - | - |
| B _{us} tras guisante | - | - | - | - | - | 488 | 210 | 42 | 971 | - | - | - |
| B _{us} tras haba | - | - | - | - | - | 237 | 102 | 20,4 | 949,4 | - | - | - |
| B _{us} tras lechuga | - | - | - | - | - | 533 | 230 | 45,9 | 974,9 | - | - | - |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,98 | 0,02 | 0,42 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

El lugar de las crucíferas dentro del ciclo de rotaciones suele ir detrás de forrajeras (alfalfa), solanáceas (tomate y patata), liliáceas (cebolla) o leguminosas (haba y judía verde) que generan una cantidad de residuo muy variable, entre 500 y 2.000 lb/acre. El 55% del desecho que ha quedado en superficie tras las operaciones post-cosecha es incorporado al suelo en junio con una labor de chisel (PLU = 0,95) y un posterior pase con cultivador en julio para preparar el lecho de trasplante (PLU = 1).

Las pequeñas plantas, que han germinado y crecido en almácigos o semilleros, tienen un sistema de raíces de escasa entidad, 30 lb/acre (PLU = 1), aunque se desarrolla con rapidez en los meses siguientes hasta alcanzar 322 lb/acre semanas antes de la cosecha (PLU = 0,50). La recolección, efectuada de forma manual, produce 1.950 lb/acre de desechos vegetales (Mitchel *et al*, 1999), el 10% de los cuales son incorporados al suelo mediante la acción de desbrozadoras o escardadoras que entierran los residuos a una profundidad de 6 pulgadas (PLU = 0,98).

Tabla 5.8. Parámetros de PLU en coliflor y brócoli

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | - | - | 6 | 3 | - | - | - | 2 |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | - | - | 55 | 25 | - | - | - | 10 |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | - | - | 45 | 75 | - | - | - | 90 |
| B _{ur} | - | - | - | - | - | - | 15 | 50 | 160 | 275 | 322 | 32,2 |
| B _{us} tras forrajeras | - | - | - | - | - | - | 286 | 58,5 | - | - | - | 212,6 |
| B _{us} tras patata | - | - | - | - | - | - | 440 | 90 | - | - | - | 222 |
| B _{us} tras haba | - | - | - | - | - | - | 200 | 41 | - | - | - | 207,3 |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,90 | 0,69 | 0,55 | 0,50 | 0,98 |

C) Subfactor PLU en hortalizas leguminosas

Según la Normativa Específica de Producción Integrada en Guisante Verde (Rodríguez Santolaya *et al*, 2009), el guisante se siembra como alternativa tras un año de cereal en ciclos de rotación trianuales. Este cultivo deja en superficie 1.600 lb/acre de rastrojo (Renard *et al*, 1996), el 55% del cual es enterrado en diciembre con las labores preparatorias con chisel o arado de vertedera (PLU = 1). La remoción del suelo continúa en enero con varias pasadas

con cultivador, que mullen el suelo y entierran el 25% del rastrojo que permanecía en superficie (PLU =1). La semilla sembrada en febrero germina con rapidez en pocas semanas, estimándose el peso del sistema radical en 23,35 lb/acre (PLU = 0.94), peso que aumenta de manera significativa en los meses siguientes hasta sumar 467 lb/acre (Gan *et al*, 2009) a finales de primavera (PLU = 0.38). La cosecha, realizada en el mes de junio, aporta 3.130 lb/acre de hojas, tallos y raíces; el 70% de los cuales es enterrado tras la labor de alzado con grada de discos (PLU = 1).

Tabla 5.9. Parámetros de PLU en guisante verde

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|------|---------|------|------|------|------|------|-----|
| Profundidad (pulg) | 3 | S5 | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 |
| Residuo enterrado % | 25 | 15 | - | - | - | 70 | - | - | - | - | - | 55 |
| Residuo superficial % | 75 | 85 | - | - | - | 30 | - | - | - | - | - | 45 |
| B _{ur} | - | 23,3 | 116,7 | 350,2 | 467 | 326,9 | - | - | - | - | - | - |
| B _{us} tras cereal | 180 | 81 | - | - | - | 2.009,8 | - | - | - | - | - | 880 |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,95 | 0,86 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 1 |

El lugar de la judía verde en las alternativas quinquenales suele ir tras el cereal o tras oleaginosas como el girasol o la colza, que son los mejores precedentes (Rodríguez Eguilaz, 2007), nunca tras crucíferas o proteaginosas (Llanos, 1998). En el mes de marzo el 95% del rastrojo dejado por la cosecha anterior es incorporado al suelo con una labor primaria con arado de vertedera (PLU = 1). Al mes siguiente, el 70% del rastrojo que permanece en superficie es enterrado con varias labores de grada de discos (PLU = 0,97) para desmenuzar el terrero antes de la siembra, que se realiza de forma mecánica en mayo (PLU = 0,79).

En junio la masa radical ya ha alcanzado un peso de 280 lb/acre (PLU = 0,54) y de 365 lb/acre, un mes antes de la cosecha (PLU = 0,46), realizada con maquinaria que recoge las vainas sin arrancar las matas que permanecen en la parcela hasta el alzado del terreno con grada de discos. Con esta última labor son agregados al suelo 837 lb/acre de restos vegetales, el 70% del residuo total generado por el cultivo (PLU = 0,58).

Tabla 5.10. Parámetros de PLU en judía verde

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | - | - | 8 | 4 | 2 | - | - | 4 | - | - | - | - |
| Residuo enterrado % | - | - | 95 | 70 | 15 | - | - | 70 | - | - | - | - |
| Residuo superficial % | - | - | 5 | 30 | 85 | - | - | 30 | - | - | - | - |
| B _{ur} | - | - | - | - | 92 | 280 | 365 | 255,5 | - | - | - | - |
| B _{us} tras cereal | - | - | 1.520 | 56 | 3,6 | - | - | 14,28 | - | - | - | - |
| B _{us} tras girasol | - | - | 145 | 5,36 | 0,34 | - | - | 1,37 | - | - | - | - |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,96 | 0,79 | 0,54 | 0,46 | 0,58 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

El haba de secano suele sembrarse después de cereal (Guerrero, 1990), mientras que el haba de regadío se combina muy bien en las rotaciones con otros cultivos hortícolas, especialmente tras especies como la patata de media estación y la remolacha azucarera, que son muy voraces con los nutrientes del suelo (Guzmán y Alonso, 2008). Dos meses antes de la siembra, el 95% del rastrojo que permanece en la parcela es enterrado a una profundidad de 8 pulgadas, con una labor con arado de vertedera y varias labores complementarias con grada de discos (PLU= 1).

Tras la sementera, que tiene lugar en febrero, el sistema radical se desarrolla con rapidez, alcanzando en el primer mes un peso de 90 lb/acre (PLU = 0,82), de 380 lb/acre en marzo (PLU = 0,63 en secano y PLU = 0,57 en regadío) y de 365 lb/acre en la madurez (PLU = 0,64). La temporada de cosecha comienza a mediados de primavera cuando las matas están en plena floración, empleando cosechadoras provistas de peinadores, que incorporan al suelo el 20% del material vegetal (PLU = 0,64). El 70% del residuo que permanece en superficie, estimado en 1.212,8 lb/acre, es enterrado posteriormente tras las labores de alzado con grada de discos (PLU = 1).

Tabla 5.11. Parámetros de PLU en haba

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--|------|------|------|-------|-------|---------|------|------|------|------|------|-------|
| Profundidad (pulg) | - | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | - | - | - | - | - | 4 |
| Residuo enterrado % | - | 15 | 50 | 20 | 20 | 70 | - | - | - | - | - | 70 |
| Residuo superficial % | - | 85 | 50 | 80 | 80 | 30 | - | - | - | - | - | 30 |
| B _{ur} | - | 92 | 280 | 365 | 365 | 255,5 | - | - | - | - | - | |
| B _{us} tras cereal | - | 72 | 204 | 441 | 441 | 1.234,8 | - | - | - | - | - | 1.120 |
| B _{us} tras patata | - | 36 | 102 | 420,6 | 420,6 | 1.177,6 | - | - | - | - | - | 560 |
| B _{us} tras remolacha azucarera | - | 6,89 | 19,5 | 404,1 | 404,1 | 1.131,4 | - | - | - | - | - | 107 |
| PLU | 0,95 | 0,80 | 0,58 | 0,63 | 0,63 | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 |

D) Subfactor PLU en hortalizas de hoja

El lugar en las alternativas de rotación de la col y el repollo suele ser tras cereal, solanáceas (tomate, pimiento o patata), o cultivos mejorantes como guisante, judía, haba y lechuga, que aportan una buena cantidad de nutrientes al suelo (Japón, 1986). Las labores preparatorias del terreno se inician un mes antes de la siembra o el trasplante, con el empleo del arado de vertedera y la grada de discos, que incorporan al terreno el 70% del rastrojo de la cosecha anterior (PLU = 1).

A mediados de la época estival el sistema radicular de las pequeñas plantas de col y repollo tiene un peso de 15 lb/acre (PLU = 0,94), peso que dos meses más tarde se incrementa a 160 lb/acre (PLU = 0,69) y alcanza 322 lb/acre (PLU = 0,68) antes de su recolección. La cosecha, que se realiza de forma manual a finales de otoño (repollo) y principios de invierno (col), deja en superficie 1.516 lb/acre de hojas y tallos, el 70% de los cuales son incorporados al suelo con las labores de alzado con grada de discos (PLU = 1).

Tabla 5.12. Parámetros de PLU en col

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|--------|---------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|
| Profundidad (pulg) | 3 | 4 | - | - | - | - | 4 | 2 | - | - | - | 3 |
| Residuo enterrado % | 20 | 70 | - | - | - | - | 70 | 15 | - | - | - | 20 |
| Residuo superficial % | 80 | 30 | - | - | - | - | 30 | 85 | - | - | - | 80 |
| B _{ur} | 322 | 225,4 | - | - | - | - | - | 15 | 50 | 160 | 275 | 322 |
| B _{us} tras cereal | 471,6 | 1.320,4 | - | - | - | - | 1.120 | 72 | - | - | - | 471,6 |
| B _{us} tras guisante | 428,2 | 1.198,9 | - | - | - | - | 525 | 33,8 | - | - | - | 428,2 |
| B _{us} tras lechuga | 431,8 | 1.209 | - | - | - | - | 574 | 36,9 | - | - | - | 431,8 |
| B _{us} tras haba | 408,56 | 1.143,9 | - | - | - | - | 255 | 16,4 | - | - | - | 408,56 |
| B _{us} tras patata | 430,8 | 1.206,2 | - | - | - | - | 560 | 36 | - | - | - | 430,8 |
| PLU | 0,70 | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,86 | 0,69 | 0,55 | 0,70 |

Tabla 5.13. Parámetros de PLU en repollo

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|--------|--------|---------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | - | 4 | 2 | - | - | 3 | 3 | 4 |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | - | 70 | 15 | - | - | 20 | 20 | 70 |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | - | 30 | 85 | - | - | 80 | 80 | 30 |
| B _{ur} | - | - | - | - | - | - | 15 | 50 | 160 | 322 | 322 | 225,4 |
| B _{us} tras cereal | - | - | - | - | - | 1.120 | 72 | - | - | 471,6 | 471,6 | 1.320,4 |
| B _{us} tras guisante | - | - | - | - | - | 525 | 33,8 | - | - | 428,2 | 428,2 | 1.198,9 |
| B _{us} tras lechuga | - | - | - | - | - | 574 | 36,9 | - | - | 431,8 | 431,8 | 1.209 |
| B _{us} tras haba | - | - | - | - | - | 255 | 16,4 | - | - | 408,56 | 408,56 | 1.143,9 |
| B _{us} tras patata | - | - | - | - | - | 560 | 36 | - | - | 430,8 | 430,8 | 1.206,2 |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,94 | 0,86 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 1 |

Aunque lechuga y escarola son las únicas hortalizas que pueden sembrarse dos años seguidos en la misma parcela, los precedentes más favorables son cereal, cebolla y leguminosas, nunca crucíferas (col, repollo, coliflor, brócoli y nabo) o umbelíferas (zanahoria). En enero, el 70% del rastrojo dejado en superficie por el cultivo anterior, que oscila entre 137-1.600 lb/acre, es incorporado al suelo con las labores preparatorias previas a la siembra o el trasplante de lechuga y escarola (PLU = 0,99).

El enraizamiento de ambos cultivos es bastante superficial, con lo cual el acceso a los elementos nutritivos es muy limitado. Por otra parte se trata de especies bastante exigentes en materia orgánica que requieren de un aporte moderado de abonos. Las investigaciones de

Bozkurt *et al* (2009) en lechuga irrigada durante el primer mes tras la siembra estimaron el peso de la masa radical en 8,7-12,3 gr/planta (PLU = 0,29), siendo el peso al final del ciclo de cultivo, según Rowse (1974), de 49,2 gr/planta (PLU = 1).

Tras la cosecha manual, que finaliza en mayo, la cantidad de restos vegetales que quedan en la parcela es 2.730 lb/acre (Mitchel *et al*, 1999), el 70% de los cuales son enterrados tras el alzado de la tierra con grada de discos (PLU = 1).

Tabla 5.14. Parámetros de PLU en lechuga y escarola

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------------|------|------|------|-------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | 4 | - | - | 3 | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| Residuo enterrado % | 70 | - | - | 25 | 70 | - | - | - | - | - | - | - |
| Residuo superficial % | 30 | - | - | 75 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| B _{ur} | - | - | 695 | 2.270 | 3.240 | - | - | - | - | - | - | - |
| B _{us} tras cereal | 480 | - | 138 | 230,5 | 2.140,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| B _{us} tras cebolla | 41,1 | - | 14,4 | 20,4 | 1.930,4 | - | - | - | - | - | - | - |
| B _{us} tras patata | 240 | - | 204 | 153 | 864,9 | - | - | - | - | - | - | - |
| PLU | 0,99 | 0,95 | 0,29 | 0,07 | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

E) Subfactor PLU en hortalizas de fruto

La familia de las solanáceas, a la que pertenece el tomate, es un grupo de hortícolas que requiere suelos muy ricos en nutrientes, de manera que suelen suceder en la parcela a cultivos con distintas necesidades nutricionales y diferente capacidad de enraizamiento, como leguminosas de grano (judía verde) o crucíferas (col, repollo, coliflor, etc). A finales del invierno con las labores preparatorias pre-siembra, el 70% del rastrojo anterior es incorporado al suelo con grada de discos (PLU = 1), labor que se completa al mes siguiente con cultivador para desmenuzar el terreno (PLU = 0,96). En abril se forman los caballones para facilitar la circulación del agua de riego (PLU = 0,98), tarea que, por otra parte, entierra el 80% del residuo que permanecía en superficie, y en mayo se procede a la siembra mecanizada de la semilla (PLU = 0,55).

A principios de verano, mientras se desarrolla la planta, se da un pase entre líneas con cultivador superficial sin dañar las raíces del tomate, que ya tienen un peso de 460 lb/acre (PLU = 0,39). La recolección mecánica del fruto suele tener lugar entre julio y agosto, etapa

en la que la masa radical ha alcanzado su peso máximo, 1.850 lb/acre (Balaguera *et al*, 2008) y comienza a decaer (PLU = 0,27). Finalizada la cosecha, a la salida de la época estival se han generado 2.880 lb/acre de residuo orgánico, el 70% del cual se incorpora al terreno tras el alzado con grada de discos (PLU = 0,74).

Tabla 5.15. Parámetros de PLU en tomate

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|---------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | - | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | - | - | - |
| Residuo enterrado % | - | 70 | 25 | 80 | 15 | 25 | 20 | 20 | 70 | - | - | - |
| Residuo superficial % | - | 30 | 75 | 20 | 85 | 75 | 80 | 80 | 30 | - | - | - |
| B _{ur} | - | - | - | - | 275 | 460 | 1.570 | 1.850 | 1.295 | - | - | - |
| B _{us} tras col | - | 160 | 17,1 | 41 | 1,54 | 2,18 | 577,3 | 577,3 | 1.616,4 | - | - | - |
| B _{us} tras coliflor y brócoli | - | 1.229 | 132 | 316 | 1,85 | 166,7 | 586 | 586 | 1.641 | - | - | - |
| B _{us} tras repollo | - | 328 | 35,1 | 84,2 | 3,16 | 4,48 | 578,6 | 578,7 | 1.620,3 | - | - | - |
| PLU | 0,95 | 1 | 0,97 | 0,98 | 0,55 | 0,38 | 0,28 | 0,26 | 0,75 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

El lugar en las alternativas del pimiento en régimen extensivo suele ir tras cereal, liliáceas (cebolla) o proteaginosas (guisante verde y haba); y, como indica Japón (1980), nunca después de solanáceas (patata o tomate) o soja. En enero, con la acción del arado de vertedera el 95% de los restos vegetales son enterrados para proveer al terreno de nutrientes antes de la siembra (PLU = 1), que tiene lugar en el mes de abril (PLU = 0,80).

La planta de pimiento desarrolla un sistema de raíces pivotante y profundo, que tras la germinación de la semilla alcanza un peso de 455 lb/acre (PLU = 0,38), que a principios de verano es de 1.000 lb/acre (PLU = 0,13) y de 1.850 lb/acre durante la madurez (PLU = 0,04). La temporada de cosecha, que comienza en septiembre, genera aproximadamente 2.600 lb/acre de material de residuo (PLU = 0,24), siendo incorporadas al suelo 1.260 lb/acre en octubre (PLU = 0,68), tras las labores de alzado previas a la siembra del cultivo siguiente.

Tabla 5.16. Parámetros de PLU en pimiento

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|--------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|
| Profundidad (pulg) | 8 | - | 4 | 2 | - | 3 | - | - | 3 | 4 | - | - |
| Residuo enterrado % | 95 | - | 80 | 15 | - | 25 | - | - | 20 | 70 | - | - |
| Residuo superficial % | 5 | - | 20 | 85 | - | 75 | - | - | 80 | 30 | - | - |
| B _{ur} | | - | | 90 | 455 | 1.001 | 1.545 | 1.820 | 1.820 | 1.275 | - | - |
| B _{us} tras cereal | 1.520 | - | 64 | 2,4 | - | 3,4 | - | - | 522,1 | 1.462 | - | - |
| B _{us} tras cebolla | 130,15 | - | 5,48 | 0,2 | - | 0,29 | - | - | 520,1 | 1.456,5 | - | - |
| B _{us} tras guisante | 712,5 | - | 30 | 1,12 | - | 1,59 | - | - | 512 | 1.458,8 | - | - |
| B _{us} tras haba | 345,8 | | 14,56 | 0,54 | - | 0,77 | - | - | 520,5 | 1.457,4 | | |
| PLU | 1 | 0,95 | 0,98 | 0,80 | 0,38 | 0,13 | 0,04 | 0,03 | 0,24 | 0,68 | 0,95 | 0,95 |

F) Subfactor PLU en raíces y tubérculos

De acuerdo a la Orden 10/2009 del 12 de febrero, que aprueba el reglamento técnico específico del cultivo de zanahoria dentro de la marca de garantía Producción Integrada de La Rioja, los cultivos que deben preceder en la rotación a la zanahoria son cereal, liliáceas (cebolla), crucíferas (col, repollo, coliflor y brócoli) y leguminosas (judía, haba y guisante); nunca otras umbelíferas. Del total del rastrojo dejado tras las labores de alzado post-cosecha, el 95% es enterrado en las labores preparatorias de invierno con arado de vertedera (PLU = 1), permaneciendo el suelo en reposo hasta principios de primavera, cuando tiene lugar la siembra (PLU = 0,95).

La planta de la zanahoria cuenta con una raíz principal gruesa de la que parten una serie de finas raíces secundarias, que en el momento previo a la recolección tienen un peso promedio de 15-20 gramos. Siendo la densidad de siembra promedio de 450.000 plantas/ha, el peso de la masa radical se ha estimado en 3.060 lb/acre a mediados de la primavera (PLU = 0), 14.040 lb/acre a principios de verano (PLU = 0) y 19.980 lb/acre en el momento de la cosecha (PLU = 0,05). Las labores de recolección generan 570 lb/acre de hojas y tallos desechados, el 70% de los cuales es enterrado con grada de discos a finales de verano (PLU = 1).

Tabla 5.17. Parámetros de PLU en zanahoria

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|-------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | 8 | - | - | 2 | - | - | - | 3 | 4 | - | - | - |
| Residuo enterrado % | 95 | - | - | 15 | - | - | - | 20 | 70 | - | - | - |
| Residuo superficial % | 5 | - | - | 85 | - | - | - | 80 | 30 | - | - | - |
| B _{ur} | - | - | - | 0 | 3.060 | 14.040 | 19.980 | 19.980 | - | - | - | - |
| B _{us} tras cereal | 1520 | - | - | 14,4 | - | - | - | 127,6 | 357,3 | - | - | - |
| B _{us} tras cebolla | 130,1 | - | - | 1,23 | - | - | - | 115,1 | 322,4 | - | - | - |
| B _{us} tras guisante | 712,5 | - | - | 6,75 | - | - | - | 120,3 | 337 | - | - | - |
| B _{us} tras haba | 345,8 | - | - | 3,27 | - | - | - | 117,1 | 327,8 | - | - | - |
| B _{us} tras coliflor y brócoli | 1667 | - | - | 13,2 | - | - | - | 128,9 | 360,9 | - | - | - |
| B _{us} tras col | | - | - | 34,2 | - | - | - | 152,8 | 427,8 | - | - | - |
| B _{us} tras repollo | 445 | - | - | 3,51 | - | - | - | 117,9 | 330,3 | - | - | - |
| PLU | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

La cebolla es un cultivo poco exigente que vegeta bien tras especies esquilmanes de los nutrientes del suelo como solanáceas (pimiento, tomate y patata) o crucíferas (col y repollo); y, a su vez, funciona como buen precedente de compuestas (lechuga y escarola), umbelíferas (zanahoria) y crucíferas (coliflor y brócoli). En enero, el trabajo del arado de vertedera para preparar el lecho de siembra de la cebolla entierra el 95% del rastrojo dejado por el cultivo anterior (PLU = 1).

El sistema radicular de la cebolla es escaso y superficial, con una raíz principal escasamente ramificada, lo que dificulta la extracción de nutrientes en profundidad. Sin embargo, y por su desarrollo en subsuelo, al igual que la zanahoria y la remolacha azucarera, se ha considerado en conjunto el peso del bulbo y las raíces para el cálculo del parámetro B_{ur}. Como indican Sullivan *et al* (2001), la cebolla tiene una demanda de agua y nutrientes muy elevada. Por tanto el crecimiento del bulbo es comparable al de un cultivo forrajero, acumulando entre 1.000-2.000 lb/acre por día durante la etapa de crecimiento del bulbo. Los rangos de crecimiento mensual del bulbo y la masa radical se pueden apreciar en la Tabla 5.18, con 1.155 lb/acre en el mes de siembra (PLU = 0,95), 3.465 lb/acre (PLU = 0-0,02) a finales de primavera y 4.620 lb/acre en el mes de la cosecha (PLU = 0,20).

Cosechado el bulbo la cantidad de desecho vegetal que permanece en la parcela es muy baja, según Mitchel (1999) de 570 lb/acre aproximadamente, el 76% del cual es enterrado en agosto tras el pase de grada posterior a la recolección (PLU = 0,40).

Tabla 5.18. Parámetros de PLU en cebolla

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Profundidad (pulg) | 8 | - | 3 | - | 4 | - | - | 3 | 70 | - | - | - |
| Residuo enterrado % | 95 | - | 25 | - | 80 | - | - | 20 | 30 | - | - | - |
| Residuo superficial % | 5 | - | 75 | - | 20 | - | - | 80 | 4 | - | - | - |
| B _{ur} | | - | 1.155 | 3.465 | 3.465 | 4.620 | 925 | 646,8 | - | - | - | - |
| B _{us} tras pimiento | 593 | - | 7,8 | - | 18,7 | - | 114,9 | 321,8 | - | - | - | - |
| B _{us} tras tomate | 589 | - | 7,75 | - | 18,6 | - | 114,9 | 321,8 | - | - | - | - |
| B _{us} tras patata | 760 | - | 10 | - | 24 | - | 115,2 | 322,5 | - | - | - | - |
| B _{us} tras repollo | 445 | - | 5,85 | - | 14 | - | 114,7 | 321,1 | - | - | - | - |
| PLU | 1 | 0,95 | 0,10 | 0 | 0,02 | 0 | 0,20 | 0,40 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |

G) Subfactor PLU en cultivos industriales

La alternativa de rotación más habitual en una parcela que cultiva remolacha azucarera suele ser tras trigo o cebada en secano y maíz en regadío (Morillo, 2005), desaconsejándose repetir remolacha tras remolacha hasta pasados tres años, así como los cultivos sensibles al ataque de nematodos que pueden tener continuidad en la remolacha (Gil-Albarellos *et al*, 2014). El 70% del rastrojo del cereal, 1.120 lb/acre (PLU = 0,97), es incorporado al suelo durante las labores preparatorias ejecutadas con grada de discos en febrero.

El órgano cosechable es la raíz principal, de la que parte una extensa red de raíces secundarias que pueden profundizar hasta un metro en el subsuelo. Como se indica en la Tabla 5.19, el diámetro y el peso de la raíz se incrementa de forma notable a medida que aumenta la concentración de azúcar entre primavera y verano (PLU = 0), alcanzando en su madurez un promedio entre 1-1,2 kg/unidad (Gobarah y Meeki, 2005), esto es 92.400 lb/acre (PLU = 0,32). El momento óptimo de recolección tiene lugar a finales de otoño, cuando la raíz ha acumulado la máxima cantidad de sacarosa, utilizando cosechadoras provistas de cuchillas que descoronan la parte alta de la raíz, al nivel de inserción de las hojas, dejando en una parcela entre 3.259,45 lb/acre (Fleesa y Beese, 1995) y 3.836 lb/acre (Mitchel, 1999) de

hojas y tallos (PLU = 0,32), hasta que en el mes de diciembre el 95% del residuo es incorporado al suelo con las labores de alzado con vertedera (PLU = 1).

Tabla 5.19. Parámetros de PLU en remolacha azucarera

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Profundidad (pulg) | - | 4 | 2 | - | 3 | - | - | - | - | 3 | 3 | 8 |
| Residuo enterrado % | - | 70 | 15 | - | 25 | - | - | - | - | 20 | 20 | 95 |
| Residuo superficial % | - | 30 | 85 | - | 75 | - | - | - | - | 80 | 80 | 5 |
| B _{ur} | - | - | 9.240 | 23.100 | 23.100 | 23.100 | 50.820 | 73.900 | 73.900 | 92.400 | 92.400 | - |
| B _{us} tras cereal | - | 56 | 3,5 | - | 5,1 | - | - | - | - | 770,2 | 770,2 | 1.520 |
| PLU | 0,95 | 0,97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,32 | 0,32 | 1 |

Puesto que el sistema radicular del girasol consume la reserva hídrica de las capas profundas del suelo, su lugar en las alternativas suele ir tras especies de enraizamiento superficial como el cereal (Retamal, 1994), aunque también ofrece buenos rendimientos tras leguminosas de grano (Guerrero, 1990). Ambas alternativas dejan una cantidad moderada de rastrojo en superficie, el 95% del cual es incorporado al lecho de siembra tras las labores profundas con arado de vertedera y un posterior pase de grada que entierra el 70% del residuo superficial (PLU = 1). Según Marcinkeviciene *et al* (2013), el sistema radical de la planta se desarrolla con rapidez, contando con un peso de 750 lb/acre a mediados de primavera (PLU = 0,21), 1.285 lb/acre a principios de verano (PLU = 0,08), y 2.143 lb/acre en su etapa de madurez, entre agosto y septiembre (PLU = 0,01).

La recolección mecanizada, que tiene lugar a finales de verano, incorpora un pequeño porcentaje del residuo al terreno, aproximadamente 540 lb/acre (PLU = 0,63), mientras que la mayor parte de la planta, 2.160 lb/acre, permanece en la parcela hasta su eliminación con escarda entre octubre y noviembre, labor que entierra el 80% del rastrojo superficial (PLU = 0,96). El ciclo de cultivo de girasol termina en diciembre con el alzado de la capa arable con grada de discos para triturar los restos de cosecha, estimados en 2.700 lb/acre (Hickman y Schoenberger, 1989), y preparar el terreno antes de la próxima siembra (PLU = 1).

Tabla 5.20. Parámetros de PLU en girasol

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|-------|------|------|-------|------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Profundidad (pulg) | 8 | - | - | 2 | - | 3 | - | - | - | 3 | 2 | 6 |
| Residuo enterrado % | 95 | - | - | 15 | - | 25 | - | - | - | 20 | 10 | 55 |
| Residuo superficial % | 5 | - | - | 85 | - | 75 | - | - | - | 80 | 90 | 45 |
| B _{ur} | | - | - | 214,3 | 750 | 1.285,8 | 1.714,5 | 2.143 | 2.143 | 428,5 | 42,8 | 23,57 |
| B _{us} tras cereal | 1.520 | - | - | 12 | - | 17 | - | - | - | 550,2 | 220,1 | 1.089,4 |
| B _{us} tras judía | 251,7 | - | - | 1,99 | - | 2,82 | - | - | - | 541,7 | 216,6 | 1.072,5 |
| PLU | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,63 | 0,21 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,63 | 0,96 | 1 |

El sistema radicular de la colza cuenta con una raíz principal pivotante de la que parten numerosas raíces secundarias capaces de explorar el suelo a mayor profundidad que el cereal (Provedo y Díez, 2006). Es por ello que suele sembrarse como alternativa de rotación tras un año de trigo o cebada. La cantidad de residuo vegetal que queda en superficie tras el alzado posterior a la cosecha es de 1.600 lb/acre, el 70% del cual es enterrado con grada de discos durante las labores preparatorias previas a la siembra de colza (PLU = 1).

El desarrollo del sistema radical es constante con un tasa crecimiento promedio de 2 cm/día, siendo el peso de la masa radical de 40 g/m² durante la fase de elongación del tallo, 120 g/m² al inicio de la floración y de 150 g/m² al final de la floración (Edwards y Hertel, 2011). Sin embargo, tan solo entre el 25-50% de la masa de raíces de colza se encuentra en los primeros 10-20 cm de suelo, estimándose su peso en 870,44 lb/acre tres meses después de la siembra (PLU = 0,17), en 2.631,32 lb/acre a principios de primavera (PLU = 0,01) y en 3.300 lb/acre (PLU = 0,18) antes de la cosecha.

Según McConkey (2001), la colza es un cultivo que favorece los procesos de erosión puesto que genera menos residuos que el cereal, entre 1.000-3.000 lb/acre (promedio de 2.000 lb/acre) y es desintegrado con facilidad tras las operaciones de labranza, que incorporan al suelo el 76% del rastrojo (PLU = 0,18).

Tabla 5.21. Parámetros de PLU en colza

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|------|------|-----|------|------|-------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | 3 | 4 | - | - | 4 | 2 | - | - |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | 20 | 70 | - | - | 70 | 15 | - | - |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | 80 | 30 | - | - | 30 | 85 | - | - |
| B _{ur} | 870,4 | 2.400 | 2.631,3 | 4.400 | 3.300 | 2.310 | - | - | - | 440 | 440 | 870.4 |
| B _{us} tras cereal | - | - | - | - | 424,4 | 1.120 | - | - | 336 | 21,6 | - | - |
| PLU | 0,17 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,18 | 0,48 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,41 | 0,40 | 0,17 |

H) Subfactor PLU en cultivos forrajeros

Las especies forrajeras, fundamentalmente las gramíneas (58,28% del total), tienen gran importancia dentro del ciclo de rotaciones, siendo a menudo empleadas en alternativas de secano o regadío tras un año de trigo o cebada (Guerrero, 1990). El laboreo en octubre con grada de discos para preparar el lecho de siembra deja enterrado el 70% del residuo, 1.120 lb/acre (PLU = 1), que al descomponerse en contacto con los microorganismos del suelo aporta una buena cantidad de nutrientes para el nuevo cultivo.

Tomando como referencia el valor de la masa de raíces de otras gramíneas como los cereales de invierno (Renard *et al.*, 1996), se pudo establecer el peso mensual de la masa radicular (Tabla 5.22). Un mes después de la sementera, el conjunto de raíces tiene un peso de 150 lb/acre (PLU = 0,74), mientras que en el invierno el crecimiento se ralentiza deteniéndose en 375 lb/acre (PLU = 0,45). La densidad máxima de raíces, de 1.500 lb/acre (PLU = 0,05), se alcanza a mediados de primavera, momento a partir del cual empieza a decrecer (PLU = 0,72).

Las operaciones de cosecha dejan en superficie entre 2.000-2.166 lb/acre de rastrojo, siendo enterrado en primera instancia con el paso de la cosechadora cerca de 400-433 lb/acre. El 70% del residuo que permanece en superficie, entre 1.600-1.733 lb/acre, es enterrado con una labor final con grada de discos (PLU = 0,72).

Tabla 5.22. Parámetros de PLU en cultivos forrajeros

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-----|-------|------|
| Profundidad (pulg) | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | 4 | 2 | - |
| Residuo enterrado % | - | - | - | - | 70 | - | - | - | - | 70 | 15 | - |
| Residuo superficial % | - | - | - | - | 30 | - | - | - | - | 30 | 85 | - |
| B _{ur} | 375 | 825 | 1.125 | 1.500 | 1.050 | - | - | - | - | - | 150 | 375 |
| B _{us} tras cereal | - | - | - | - | 1.441,5 | - | - | - | - | - | 1.120 | 72 |
| PLU | 0,45 | 0,18 | 0,10 | 0,05 | 0,72 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 0,74 | 0,45 |

I) Subfactor PLU en patata

Según las Normas Técnicas de Producción Integrada en Patata (Gil-Albarellos *et al*, 2013), los cultivos que nunca pueden precederla en la rotación son la remolacha azucarera y la familia de las solanáceas, siendo los mejores precedentes el cereal y las forrajeras. Ambos cultivos generan una cantidad similar de residuo vegetal, si bien las diferentes labores de alzado post-cosecha dejan entre 1.600 lb/acre y 520 lb/acre de rastrojo en superficie, el 95% del cual es enterrado con arado de vertedera en las operaciones pre-siembra de octubre (PLU = 0,91) o mayo (PLU = 1).

A principios de primavera en variedades de media estación y finales de otoño en variedades tardías, el peso de la masa radical es de 285 lb/acre (PLU = 0,56), incrementándose hasta 520 lb/acre (PLU = 0,34) a mediados de verano (media estación) o mediados de invierno (tardía), y alcanzando su pleno desarrollo (PLU = 0,35) dos meses antes de la cosecha (Vos y Groenwold, 1986). Tras la cosecha, que tiene lugar entre agosto-septiembre (media estación) y enero-febrero (tardía), se generan 1.000 lb/acre de desechos vegetales (Mitchel *et al*, 1999), el 20% de los cuales queda enterrado tras el paso de la maquinaria recolectora (PLU = 0,35-0,35).

Tabla 5.23. Parámetros de PLU en patata de media estación

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Profundidad (pulg) | - | - | 2 | - | 4 | - | - | 3 | 3 | 8 | - | - |
| Residuo enterrado % | - | - | 10 | - | 80 | - | - | 80 | 80 | 95 | - | - |
| Residuo superficial % | - | - | 90 | - | 20 | - | - | 20 | 20 | 5 | - | - |
| B _{ur} | - | - | 25 | 25 | 285 | 325 | 520 | 650 | 650 | 615,5 | - | - |
| B _{us} tras cereal | - | - | 12 | - | 54,4 | - | - | 202,7 | 202,7 | 1.520 | - | - |
| PLU | 0,95 | 0,95 | 0,91 | 0,90 | 0,56 | 0,50 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,91 | 0,95 | 0,95 |

Tabla 5.24. Parámetros de PLU en patata tardía

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|---------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Profundidad (pulg) | 3 | 3 | 8 | - | - | - | - | 2 | - | 4 | - | - |
| Residuo enterrado % | 80 | 80 | 95 | - | - | - | - | 10 | - | 80 | - | - |
| Residuo superficial % | 20 | 20 | 5 | - | - | - | - | 90 | - | 20 | - | - |
| B _{ur} | - | - | 25 | 25 | 285 | 325 | 520 | 650 | 650 | 615,5 | - | - |
| B _{us} tras forrajeras | 235,5 | 235,5 | - | - | 1.563,7 | - | - | 7,85 | - | 35,56 | - | - |
| PLU | 0,36 | 0,36 | 0,28 | 0,95 | 1 | 0,95 | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,55 | 0,50 | 0,34 |

5.2.2. La cubierta aérea (Subfactor CC)

El subfactor CC (Canopy Cover), o subfactor de cubierta aérea, expresa el efecto protector de la cubierta vegetal aérea (dosel) en la reducción de la energía erosiva del impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. La interceptación, más o menos eficaz, de la energía erosiva dependerá de la densidad y la altura del dosel. Ambos parámetros están condicionados por la estacionalidad que presenta el desarrollo de las especies vegetales cultivadas, siendo los meses estivales los más favorables para la interceptación del agua de lluvia.

Para estimar este subfactor es necesario conocer el porcentaje de superficie de suelo cubierto por el dosel (F_c) y la altura de la caída de la gota de lluvia (H). El cálculo de CC, que toma valores entre 0 y 1, ha de realizarse mensualmente con el algoritmo propuesto por Yoder *et al* (1996) en el manual de RUSLE:

$$CC = 1 - F_c * \exp(-0.1 * H)$$

Donde CC es el subfactor de cubierta aérea, F_c es la fracción decimal de superficie de suelo (en acres) cubierto por el dosel, \exp es la función exponencial y H es la distancia efectiva caída de la gota de lluvia desde el dosel (en pies). La altura efectiva debe medirse desde el suelo hasta la sección del dosel desde la que caen la mayor parte de las gotas de lluvia. Los autores de la fórmula anterior consideran igualmente válido el gráfico elaborado por Wischmeier y Smith (1978) para el cálculo del subfactor CC (Fig 5.2).

Tanto en especies herbáceas como en leñosas el factor de cobertura del dosel presenta una gran variabilidad mensual en función de las etapas de desarrollo vegetativo del cultivo, el tipo de vegetación (perennifolia o caducifolia), los sistemas de conducción de la parte aérea, las prácticas de poda y aclareo, el marco de plantación (distribución de las plantas en la parcela) y la densidad de plantación (número de ejemplares por unidad de superficie). Los parámetros de desarrollo vegetativo, marco y densidad de plantación están estrechamente relacionados y son los más importantes para estimar los porcentajes de cobertura anual del suelo, como se expone a continuación.

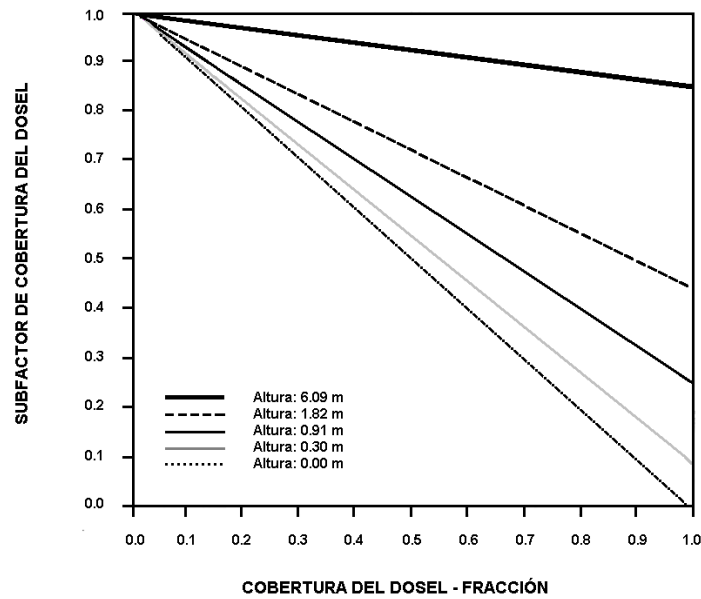


Fig 5.2. Gráfico para el cálculo del subfactor CC (Wischemier y Smith, 1978)

La primera tarea para la obtención de este subfactor en los cultivos riojanos fue la estimación de los rangos de desarrollo vegetativo de cada especie. Para ello se utilizaron los visualizadores regionales facilitados por la Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno de La Rioja, la información aportada en los tratados de fruticultura y el trabajo de campo. Mediante la selección aleatoria de 25 ejemplares en diferentes explotaciones (localizadas en los términos de Villar de Torre, Logroño, Villamediana de Iregua, Nalda, Ribafrecha, Ocón, Arnedo y Cervera del río Alhama), en los cuales se midieron los diámetros y altura del dosel a lo largo de las etapas del ciclo vegetativo, se establecieron los valores medios de porcentaje de cobertura aérea por unidad de superficie y la distancia efectiva de caída de la gota de agua desde la copa.

En cultivos leñosos caducifolios durante las etapas de caída de la hoja, poda y brotación, en las que no existe masa foliar que proteja el suelo, el valor de CC se ha fijado en 0. Por otra parte y debido a la gran variedad de densidades de plantación documentadas en el mosaico agrícola riojano, especialmente notable en leñosos, se ha tomado como referencia el valor de CC promedio en cada uno de los sistemas de explotación, a saber: extensivo o bajo, semi-intensivo o medio, intensivo o alto y muy intensivo o muy alto.

A) Subfactor CC en cereal de grano

En el manual RUSLE se facilitan los valores quincenales de superficie cubierta por dosel y altura de caída de la gota de lluvia en el cereal de invierno. Estos valores se han adaptado al cereal cultivado en el área de estudio, tal y como se refleja en la Tabla 5.25. Según Renard *et al* (1996), 30 días después de la siembra el porcentaje de cobertura es del 35% (CC = 0,66), valor que se mantiene constante a lo largo de todo el invierno. En los dos meses siguientes, el cereal se desarrolla con rapidez, alcanzando el 100% de cobertura a finales de primavera (CC = 0,14). Tras la siega a principios de verano una pequeña parte de los tallos de cereal que no han sido cosechados por la maquinaria, con una altura entre 5-10 cm (CC = 0,66), permanecen en la parcela hasta su posterior eliminación a finales de la época estival. Es en este periodo cuando el porcentaje de cobertura vegetal es inexistente y la vulnerabilidad del suelo máxima (CC = 1).

Tabla 5.25. Valores del subfactor CC en cereales de grano (Renard *et al*, 1996)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| Cobertura (%) | 35 | 35 | 40 | 90 | 100 | 35 | 35 | 0 | 0 | 20 | 35 | 35 |
| Fc | 0,35 | 0,35 | 0,40 | 0,90 | 1,00 | 0,35 | 0,35 | 0 | 0 | 0,20 | 0,35 | 0,35 |
| H (pies) | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 1,3 | 1,5 | 0,25 | 0,25 | 0 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| CC | 0,66 | 0,66 | 0,63 | 0,21 | 0,14 | 0,66 | 0,66 | 1 | 1 | 0,80 | 0,66 | 0,66 |

B) Subfactor CC en hortalizas de flor

Como señala Martínez Cortés (1982), la alcachofa desarrolla un importante volumen foliar con hojas grandes y carnosas que pueden cubrir un área entre 1 y 2 metros de diámetro, y largos y gruesos tallos que pueden alcanzar hasta 1,5 metros de altura. En el Valle del Ebro la densidad de plantación oscila entre 8.000 y 12.000 plantas/ha, empleándose marcos de plantación de 1,3-1,5 m entre líneas y de 0,7-0,8 m entre plantas (Rodríguez *et al*, 2010).

En La Rioja el ciclo de cultivo de la alcachofa suele de 2 o 3 años (Gil Ortega, 2001) cuando está destinado a conserva, y puesto que se trata de una planta perenne con una densidad de plantación media de 10.000 plantas/ha, el 77,59% de la superficie está protegida por el dosel tres cuartas partes del año (CC = 0,47), como se puede apreciar en la Tabla 5.26. Solo en el mes de agosto, cuando se recolectan los capítulos y se eliminan las hojas y tallos viejos, el porcentaje de cobertura decrece hasta el 49,66% (CC = 0,64).

Tabla 5.26. Valores del subfactor CC en alcachofa bianual o trianual (10.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ø dosel (cm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Área foliar (m ²) | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,50 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 |
| Cobertura (%) | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 49,65 | 77,60 | 77,60 | 77,60 | 77,60 |
| Fc | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,50 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 |
| H (pies) | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,28 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 |
| CC | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,64 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |

Por el contrario en plantaciones destinadas al consumo en fresco, las plantas permanecen en la parcela durante el ciclo productivo siendo eliminadas mecánicamente tras la cosecha (Tabla 5.27). Las altas temperaturas de la fecha habitual de siembra, a mediados de verano, junto con el suministro constante de agua de riego favorecen el rápido desarrollo de la masa vegetal de la planta, que adquiere cerca de 20 cm de diámetro (0,03 m²) y 45 cm de alto. Sin embargo la superficie de suelo cubierta por el dosel es muy pequeña, de 3,1% (CC = 0,97). En el mes siguiente, el porcentaje de cobertura se ha incrementado hasta el 49,65% (CC = 0,64) y alcanza en septiembre su valor máximo, 77,6% (CC = 0,47), antes del inicio de la temporada de cosecha.

Tabla 5.27. Valores del subfactor CC en alcachofa anual (10.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.50 | 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.10 | 49.65 | 77.60 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.50 | 0.78 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.48 | 3.28 | 3.77 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,97 | 0,64 | 0,47 | 1 | 1 | 1 |

Según Milla (1986), los marcos de plantación más habituales para la siembra de la coliflor son de 60 x 60 (20.000-25.000 plantas/ha), 50 x 50 (30.000-40.000 plantas/ha) o 45 x 45 (45.000-50.000 plantas/ha); estableciéndose la densidad promedio en 35.000 plantas/ha (Tabla 5.28). Las primeras plántulas, que brotan en el mes de julio, alcanzan un tamaño medio de 10 cm y una altura de 5 cm. En esta etapa del ciclo vegetativo, el 97,28% de la superficie permanece expuesta (CC = 0,97), porcentaje que disminuye hasta el 47,42% en septiembre

(CC = 0,51), mes en el que el diámetro foliar alcanza 45 cm (0,15 m²) y hasta 20 cm de alto. La cosecha tiene lugar a finales de otoño o principios de invierno, cuando la planta ha adquirido su desarrollo máximo, 55 cm de ancho y 25 cm de alto (0,23 m²), y el fruto se encuentra maduro, lo que supone, aproximadamente, una cobertura del 85% de la superficie (CC = 0,27).

Tabla 5.28. Valores del subfactor CC en coliflor (35.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 30 | 45 | 55 | 55 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,008 | 0,09 | 0,15 | 0,23 | 0,23 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,70 | 31,40 | 52,60 | 79,20 | 79,20 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0,31 | 0,53 | 0,79 | 0,79 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,33 | 0,66 | 0,82 | 0,82 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,97 | 0,70 | 0,51 | 0,27 | 0,27 | 1 |

C) Subfactor CC en hortalizas leguminosas

La siembra del guisante tiene lugar en febrero o en la primera quincena de marzo y su ciclo vegetativo oscila entre 90 y 140 días. Para variedades de mata baja de siembra extensiva, los marcos de plantación recomendados son de 17 cm entre plantas y 22 cm entre líneas, (Rodríguez Santolalla *et al*, 2009), siendo la densidad de siembra más adecuada de 100-120 plantas/m² (Gracia López, 2003), equivalente a 1.000.000-1.200.000 plantas/ha (promedio de 1.100.000 plantas/ha), que es la densidad más elevada del espacio agrícola riojano.

Los resultados de la estimación del subfactor CC en guisante verde pueden apreciarse en la Tabla 5.29. En marzo brotan las primeras plántulas, adquiriendo la mata a final de mes un área foliar de 0,002 m² y un porcentaje de superficie cubierta de 21,34% (CC = 0,79). Este es el porcentaje más elevado, junto con el de la alcachofa, documentado en los hortícolas riojanos para el primer mes después de la siembra. Entre la etapa de floración y la fase de maduración, el porcentaje de cobertura del suelo se incrementa de forma sobresaliente, pasando del 85,35% en abril (CC = 0,20) al 100% en mayo (CC = 0).

Tabla 5.29. Valores del subfactor CC en guisante verde (1.100.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 5 | 10 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0,002 | 0,008 | 0,03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 21,35 | 85,35 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0,21 | 0,85 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0,16 | 0,66 | 1,15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 0,70 | 0,20 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

La judía necesita tres meses para completar su desarrollo, desde que se siembra en abril hasta que se recolecta en agosto (Tabla 5.30). En judía de mata baja, la variedad más favorable al cultivo intensivo mecanizado, el marco de plantación recomendado es de 5-6 cm de separación entre plantas y 30-50 cm entre líneas (Gil Albarrellos *et al*, 2009), dando lugar a densidades de 12 plantas/m². En marzo, con la emergencia de las plántulas (0,002 m² de área foliar), el porcentaje de superficie cubierta es del 20% (CC = 0,81), valor que se cuadruplica en junio con el desarrollo de la masa vegetal (CC = 0,30). La planta alcanza la madurez (0,07 m²) en los meses de julio y agosto, periodo en el que el porcentaje de superficie cubierta es máximo, de 95% (CC = 0,19).

Tabla 5.30. Valores del subfactor CC en judía verde (120.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 20 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 20,00 | 80,00 | 95,00 | 95,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,20 | 0,80 | 0,95 | 0,95 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,66 | 1,15 | 1,15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,81 | 0,30 | 0,19 | 0,19 | 1 | 1 | 1 | 1 |

El marco de plantación más utilizado para el cultivo de haba es de 0,8-1 m entre plantas y 1,3 m entre filas (Galant *et al*, 2009) dando lugar a una densidad entre 35-45 plantas/m² (Guerrero, 1990). Las primeras flores que pueden verse a los 30 días de la siembra tienen muy escasa entidad, entre 5 cm de ancho (0,002 m²) y 5 cm de alto, lo que supone un porcentaje de cobertura del suelo muy escaso, de 3,10% (CC = 0,97). En tan solo un mes, la biomasa vegetal de la planta se incrementa de forma sobresaliente, alcanzando 20 cm de diámetro

foliar ($0,03 \text{ m}^2$) y entre 20-30 cm de altura, siendo el porcentaje de superficie cubierta de 49,65% ($CC = 0,52$). Entre abril y mayo, cuando termina el ciclo de cultivo y se inicia la temporada de recolección, la planta ha alcanzado 30-35 cm de altura y un diámetro foliar de $0,07 \text{ m}^2$, esto es, un porcentaje de cobertura del 100% ($CC = 0,02$), el más alto del área de estudio.

Tabla 5.31. Valores del subfactor CC en haba (160.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------------|-----|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 5 | 20 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m^2) | 0 | 0,002 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 3,10 | 49,65 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0,03 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0,16 | 0,66 | 1,31 | 1,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 0,97 | 0,52 | 0,02 | 0,02 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

D) Subfactor CC en hortalizas de hoja

La lechuga tiene un ciclo vegetativo corto, entre 90 y 120 días, permaneciendo el suelo desnudo la mayor parte del año en caso de no producirse siembra alguna tras su cosecha ($CC = 1$), caso muy poco habitual porque es alternativa en rotaciones bianuales o trianuales. En variedades de hojas grandes y anchas, como la romana y la iceberg, se emplean marcos de plantación de 50 x 30 o 50 x 15 cm (Japón, 1977) con una densidad de 70.000-80.000 plantas/ha (promedio de 75.000 plantas/ha).

Las lechugas de primavera germinan en marzo, cuando la temperatura del suelo es más favorable a sus exigencias, emergiendo entre tres o cuatro hojas de pequeño tamaño que forman una roseta de 10 cm de anchura ($0,008 \text{ m}^2$). En el mes de abril la planta ha multiplicado sus hojas hasta adquirir un diámetro promedio de 20 cm y una altura de 20 cm ($0,03 \text{ m}^2$), quedando bajo cubierta un 23,3% de la superficie del suelo ($CC = 0,78$). El porcentaje se incrementa hasta el 59,6% ($CC = 0,48$) en el mes de mayo, cuando tiene lugar la recolección.

Tabla 5.32. Valores del subfactor CC en lechuga y escarola (75.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 10 | 20 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0,008 | 0,03 | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 5,5 | 23,5 | 59,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0,06 | 0,23 | 0,60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0,33 | 0,66 | 1,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 0,94 | 0,78 | 0,48 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

La distancia de siembra más habitual para el cultivo de col y repollo suele ser de 25-50 cm entre plantas y de 50-80 cm entre líneas, que da lugar a una densidad de plantación promedio de 30.000 plantas/ha. Durante la primera etapa del ciclo vegetativo, el tamaño promedio de las primeras hojas oscila entre 2-5 cm (0,003 m²), esto es un porcentaje de cobertura del suelo ínfimo, de 0,10% (CC = 1). Es a lo largo de la fase de roseta cuando el crecimiento de la planta se acelera hasta alcanzar, entre finales de verano y principios de otoño, un diámetro de 45 cm (0,15 m²) y cerca de 60 cm al final de la fase de desarrollo de la cabeza (0,25 m²). De igual manera el porcentaje de superficie cubierta se incrementa de forma sobresaliente, siendo de 45,05% (CC = 0,59) dos meses después la siembra/trasplante y de 73% en el momento de la recolección (CC = 0,38).

Sin embargo hay que señalar que el diámetro que forman las hojas de la planta suele variar en función de la variedad cultivada (col de Bruselas, repollo de hoja rizada, etc), pudiendo oscilar entre 60-100 cm. La temporada de recolección de la col suele comenzar 90 días después de la siembra (CC = 0,38), mientras que el repollo puede cosecharse entre 60 y 80 días después del trasplante (CC = 0,38).

Tabla 5.33. Valores del subfactor CC en col (30.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 45 | 60 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0003 | 0,008 | 0,15 | 0,25 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 2,35 | 45,05 | 73,00 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,45 | 0,73 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 0,20 | 0,98 | 1,57 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,98 | 0,59 | 0,38 | 1 |

Tabla 5.34. Valores del subfactor CC en repollo (30.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 45 | 60 | 60 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0003 | 0,008 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 2,35 | 45,05 | 73,00 | 73,00 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,45 | 0,73 | 0,73 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 0,20 | 0,98 | 1,57 | 1,57 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,98 | 0,59 | 0,38 | 0,38 | 1 |

E) Subfactor CC en hortalizas de fruto

En tomate de régimen extensivo el marco más utilizado es de 1,5-2 metros, con el cual se consiguen densidades de plantación de 20.000-40.000 plantas/ha para el tomate en fresco y de 40.000-50000 plantas/ha para el tomate de industria. Entre abril y mayo brotan pequeños tallos de escasa entidad y pequeña altura (5 x 5 cm) que, durante los primeros meses de verano, se desarrollan adquiriendo mayor porte (25 cm de ancho y 40 cm de alto). En paralelo al crecimiento de las plantas el porcentaje de suelo descubierto disminuye, pasando de 99,32% (CC = 0,99) en la etapa de brotación a 84,36% (CC = 0,86) durante la fase de desarrollo. Entre los meses de agosto y septiembre, cuando la planta ha llegado a la madurez (35 cm de diámetro y 45 cm de alto), la cobertura es de 33,27% (CC = 0,70), esto es, el menor porcentaje detectado en hortalizas; explicable por la amplitud del marco de plantación utilizado y el mayor crecimiento en altura de la planta.

Tabla 5.35. Valores del subfactor CC en tomate (35.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 25 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,70 | 6,10 | 15,65 | 33,25 | 33,25 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,007 | 0,06 | 0,16 | 0,33 | 0,33 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,49 | 0,82 | 1,15 | 1,15 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,94 | 0,86 | 0,70 | 0,70 | 1 | 1 | 1 |

Las labores de preparación del terreno para la siembra del pimiento tienen lugar entre los meses de febrero y marzo. El marco de plantación más utilizado es de 75 cm entre líneas y 20

cm entre plantas (Japón, 1980), lo que da lugar a una densidad de 60.000-80.000 plantas/ha (Tabla 5.36). A finales de marzo y principios de abril emergen los primeros tallos, que presentan un diámetro de medio de 5 cm y una altura de 5 cm. En estos meses el escaso desarrollo de las plantas supone una cobertura mínima de la superficie agrícola de 1,36% (CC = 0,99). El porcentaje de cobertura se incrementa de manera significativa a mediados de primavera, cuando las plantas tienen 45 cm de altura y una superficie foliar de 20 cm (0,03 m²), llegando al 21,73% (CC = 0,81). La recolección suele comenzar hacia el mes de julio y se prolonga durante el mes de agosto, ya que se efectúan dos o tres recogidas del fruto. El dosel ha alcanzado su mayor porte, 35 cm de diámetro y 55 cm de alto (0,09 m²), y el 62,79% del terreno presenta un buen grado de protección (CC = 0,47).

Tabla 5.36. Valores del subfactor CC en pimiento (7.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 | 20 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 1,35 | 5,45 | 21,75 | 62,80 | 62,80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,05 | 0,22 | 0,63 | 0,63 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,66 | 1,48 | 1,64 | 1,64 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,95 | 0,81 | 0,47 | 0,47 | 1 | 1 | 1 | 1 |

F) Subfactor CC en raíces y tubérculos

Las primeras zanahorias pueden recolectarse entre 90 y 100 días después de la siembra, que tiene un calendario de inicio variable en función de la variedad escogida, como se verá en el apartado del subfactor SR. Las densidades de siembra recomendadas oscilan entre 1.500.000-2.200.000 de semillas/ha para consumo en fresco y entre 500.000-1.500.000 semillas/ha en zanahoria destinada a industria (Gil Albarellos *et al*, 2014), dando lugar a una densidad de plantación promedio de 450.000 plantas/ha (Tabla 5.37). El primer conjunto de hojas de la zanahoria presenta un tamaño muy pequeño, 0,5 cm de anchura y 5 cm de altura (0,0003 m²), y, a pesar de la gran densidad de plantas presentes en la parcela, el porcentaje de suelo cubierto es muy bajo, de 0,16% (CC = 1). Será a mediados del periodo productivo cuando el follaje alcance su máximo potencial, 15 cm de diámetro (0,015 m²) y 40-45 cm de alto, incrementándose el porcentaje de cubierta vegetal hasta el 68,45% (CC = 0,40-0,41).

Tabla 5.37. Valores del subfactor CC en zanahoria (45.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 2,5 | 10 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0,0003 | 0,001 | 0,008 | 0,015 | 0,015 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0,13 | 2,75 | 34,90 | 68,45 | 68,45 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0,35 | 0,68 | 0,68 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,33 | 1,15 | 1,31 | 1,48 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,97 | 0,69 | 0,40 | 0,41 | 1 | 1 | 1 | 1 |

La densidad recomendada para el cultivo de cebolla oscila entre 200.000 y 500.000 plantas/ha, siendo la media de 350.000 plantas/ha, con distancias de siembra de 50-60 cm entre líneas y 10-15 cm entre plantas. Cuando la semilla germina, en el mes de abril, emerge el primer tallo, de 10 cm de altura. Durante la fase de formación, a principios de verano, la planta emite cerca de una decena de hojas semicilíndricas que pueden crecer hasta los 15 cm. Pese a su moderada altura, la planta de la cebolla se caracteriza por una escasa densidad foliar que oscila entre 0,001 y 0,008 m² en la fase de desarrollo y 0,018 m² durante la maduración. Esto supone una cobertura del dosel de 2,13% (CC = 0,98), 27,16% (CC = 0,74) y 61,10% (CC = 0,43), respectivamente.

Tabla 5.38. Valores del subfactor CC en cebolla (350.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 2,5 | 10 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,018 | 0,018 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0,25 | 2,15 | 27,15 | 61,10 | 61,10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,02 | 0,27 | 0,53 | 0,53 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0,33 | 0,33 | 0,49 | 0,66 | 0,66 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,98 | 0,74 | 0,43 | 0,43 | 1 | 1 | 1 | 1 |

G) Subfactor CC en cultivos industriales

La densidad máxima autorizada por las Normas Técnicas de Producción Integrada para el cultivo de remolacha azucarera (Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja) oscila entre 90.000 y 120.000 en regadío (promedio de 105.000), con una distancia mínima entre filas de 50 cm y de 14-16 cm entre plantas (Tabla 5.39). Las hojas

de la remolacha adquieren un pronto desarrollo desde el momento de la brotación, en el mes de abril, con una altura de 10 cm, hasta triplicar el diámetro y la altura de su dosel en junio. En dos meses la superficie de suelo protegida por la parte aérea pasa de 8,15% (CC = 0,92) a 94,2% (CC = 0,28), hasta alcanzar el 100% de cobertura entre julio y noviembre (CC = 0), momento de máximo desarrollo del área foliar de la planta (0,13 m²).

Tabla 5.39. Valores del subfactor CC en remolacha azucarera (105.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 10 | 25 | 35 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,05 | 0,09 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 8,15 | 46,95 | 94,20 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0,47 | 0,94 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0,33 | 0,49 | 0,82 | 1,48 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 0,92 | 0,55 | 0,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Para Retamal (1994), la densidad de plantación más adecuada para el girasol en secano es de 40.000-60.000 plantas/ha (promedio de 50.000 plantas/ha) y de 80.000-100.000 plantas/ha en regadío (promedio de 90.000 plantas/ha), fijándose el marco de siembra en 50-80 cm de separación entre líneas y 20-30 cm entre plantas (Tabla 5.40). El periodo que transcurre entre la siembra, a finales de marzo o principios de abril, y la emergencia de las plántulas es de 30 o 50 días (Aguirrezábal *et al.*, 1996). Dado el escaso desarrollo de la planta entre mayo y junio la cobertura superficial es mínima, entre 3,88% (CC = 0,97) y 8,73% (CC = 0,94).

A principios de verano el tallo se elonga notablemente (1,8 m de alto) y el capítulo, el órgano cosechable, empieza a adquirir entidad (40 cm de ancho), finalizando el proceso de floración en agosto cuando la planta alcanza la madurez (40 cm de ancho y 2,2 m de alto) y la parcela adquiere su porcentaje de cobertura máximo, de 62,07% (CC = 0,70). La cosecha tiene lugar a finales de verano, momento en el que la planta ya no produce más y comienza a secarse (Gómez-Arnau, 1988), pierde la mayor parte de sus hojas (25 cm de diámetro del dosel) y decrece levemente en altura (2 metros). El porcentaje de cobertura disminuye sensiblemente hasta el 24,25% (CC = 0,87).

Tabla 5.40. Valores del subfactor CC en girasol (50.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 15 | 40 | 40 | 25 | 25 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,90 | 8,75 | 62,05 | 62,05 | 24,25 | 24,25 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,09 | 0,62 | 0,62 | 0,24 | 0,24 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,97 | 4,59 | 5,90 | 7,22 | 6,56 | 6,56 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,97 | 0,94 | 0,66 | 0,70 | 0,87 | 0,87 | 1 | 1 |

Según Provedo y Díez (2006), el marco de siembra en colza puede ser de 25-40 cm entre líneas, con una densidad de 20-30 plantas/m², es decir, entre 80.000-120.000 plantas/ha (promedio de 100.000 plantas/ha). Las primeras hojas aparecen tras la germinación de la semilla en octubre (CC = 0,97), paralizándose el crecimiento aéreo durante el invierno momento en el que la planta ha alcanzado 15 cm de diámetro (0,018 m²) y 40 cm de alto y el porcentaje de cobertura es del 17,45% (CC = 0,85). Con el aumento de las temperaturas primaverales el tallo alcanza su altura máxima, 1,1-1,2 m, a la vez que la roseta crece hasta los 30-35 cm de diámetro (0,091 m²) y la superficie cubierta alcanza su valor máximo anual, el 89,70% (CC = 0,37-0,39).

Tabla 5.41. Valores del subfactor CC en colza (100.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| Ø dosel (cm) | 15 | 15 | 30 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 15 |
| Área foliar (m ²) | 0,018 | 0,018 | 0,071 | 0,091 | 0,091 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,003 | 0,018 | 0,018 |
| Cobertura (%) | 17,45 | 17,45 | 69,85 | 89,70 | 89,70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,80 | 17,45 | 17,45 |
| Fc | 0,17 | 0,17 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0,17 | 0,17 |
| H (pies) | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 3,5 | 3,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,19 | 1,3 | 1,3 |
| CC | 0,85 | 0,85 | 0,40 | 0,37 | 0,39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,97 | 0,85 | 0,85 |

H) Subfactor CC en cultivos forrajeros

El 58,28% de las especies forrajeras cultivadas en La Rioja pertenece a la familia de las gramíneas, el mismo género de los cereales de grano. Es por ello que ambos cultivos comparten similares características fisiológicas, aunque el calendario de cultivo en forrajeras es más tardío. Es por ello que los valores propuestos por Renard *et al* (1996) para el cereal de invierno en el manual de RUSLE se han considerado aceptables para el forraje (Tabla 5.42).

Tabla 5.42. Valores del subfactor CC en cultivos forrajeros (Renard *et al*, 1996)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Cobertura (%) | 35 | 40 | 90 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| Fc | 0,35 | 0,40 | 0,90 | 1,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,35 |
| H (pies) | 0,20 | 0,80 | 1,30 | 2,20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,20 |
| CC | 0,66 | 0,63 | 0,21 | 0,20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,66 |

I) Subfactor CC en patata

En patata de recolección mecanizada la distancia entre surcos suele ser de 50-80 cm y de 25-40 cm entre plantas, marco con el que se obtiene una densidad de plantación de 55.000-65.000 plantas/ha, siendo el promedio de 60.000 plantas/ha. En patatas de ciclo medio la época más habitual de siembra es el mes de marzo y los primeros tallos, que se originan en las yemas del tubérculo, brotan a los 20-30 días. A lo largo de la primavera el volumen de la superficie foliar se acelera con la multiplicación y el desarrollo de las hojas, presentando el dosel, en junio, un diámetro promedio de 20 cm y una altura de 10 cm (0,03 m²). El porcentaje de suelo cubierto es del 18,62% (CC = 0,82), valor que aumenta casi el triple en el mes siguiente con un 74,49% de la superficie protegida por el dosel (CC = 0,29). El crecimiento del follaje se detiene a finales de verano en el momento en el que el tubérculo llega a la madurez (0,15 m²) y la superficie cubierta alcanza su porcentaje máximo, 90,13% (CC = 0,24), valor que decaerá al mínimo absoluto en octubre tras la cosecha (CC = 1).

Tabla 5.43. Valores del subfactor CC en patata de media estación (60.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 5 | 20 | 40 | 40 | 45 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,03 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,15 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 1,16 | 18,62 | 74,49 | 74,49 | 90,13 | 90,13 | 0 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0,012 | 0,19 | 0,74 | 0,74 | 0,90 | 0,90 | 0 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,33 | 0,49 | 1,48 | 1,64 | 1,64 | 0 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,82 | 0,29 | 0,36 | 0,24 | 0,24 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 5.44. Valores del subfactor CC en patata tardía (60.000 plantas/ha)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ø dosel (cm) | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 20 | 40 | 40 | 45 |
| Área foliar (m ²) | 0,15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,03 | 0,13 | 0,13 | 0,15 |
| Cobertura (%) | 90,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,16 | 18,62 | 74,49 | 74,49 | 90,13 |
| Fc | 0,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,012 | 0,19 | 0,74 | 0,74 | 0,90 |
| H (pies) | 1,64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,33 | 0,49 | 1,48 | 1,64 |
| CC | 0,24 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,82 | 0,29 | 0,36 | 0,24 |

J) Subfactor CC en viñedo

Siguiendo la normativa aprobada en 2012 por el Consejo Regulador de la D.O.CA Rioja sobre el viñedo riojano y la generalización del laboreo mecanizado en los últimos años, el viticultor ha adoptado marcos de plantación amplios (entre 2,6 y 3 metros de distancia entre cepas y 1,2 metros de distancia entre líneas) y ha adecuado el espacio vitícola a densidades de plantación de 2.500-3.500 cepas por hectárea, estableciéndose el promedio regional en 3.000 cepas/ha. En los meses de invierno la vid entra en parada vegetativa y con la caída de la hoja las cepas quedan desprovistas de masa vegetal. Por tanto, el suelo queda completamente desprotegido hasta la primavera con un valor de porcentaje de cobertura nulo en ambos sistemas de plantación (CC = 1). La superficie del dosel se incrementa de manera sensible a principios de primavera cuando tiene lugar la brotación de las yemas y la foliación de las primeras ramas y hojas. La cepa adquiere su máximo desarrollo foliar con rapidez, siendo el área promedio del dosel de 2,01 m² en cepas en vaso y de 1,06 m² en cepas conducidas en espaldera, y las explotaciones alcanzan el mayor porcentaje de superficie cubierta, 59,6% (CC = 0,58) y 31,3% (CC = 0,82), respectivamente.

Tabla 5.45. Valores del subfactor CC en vid en vaso (3.000 cepas/ha)

| 3.000 cepas/ha | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,6 | 59,6 | 59,6 | 59,6 | 59,6 | 59,6 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 1 | 1 |

Tabla 5.46. Valores del subfactor CC en vid en espaldera (3.000 cepas/ha)

| 3.000 cepas/ha | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Ø dosel (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 0 | 0 |
| Área foliar (m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 0 | 0 |
| Cobertura (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 31,3 | 31,3 | 31,3 | 31,3 | 31,3 | 31,3 | 0 | 0 |
| Fc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0 | 0 |
| H (pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 0 | 0 |
| CC | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 1 | 1 |

K) Subfactor CC en frutales de fruto seco

En el almendro, el uso tradicional de marcos de plantación muy amplios ha marcado el predominio de explotaciones con densidades de plantación medias, entre 200 y 333 árboles/ha (56,46%) y altas, entre 357 y 833 árboles/ha (30,70%) (Fernández *et al*, 2006), tal y como se puede apreciar en el gráfico anexo (Gráfico 5.2). La densidad de plantación mínima documentada es de 25 almendros/ha (una parcela en Ausejo) y la máxima de 3.333 almendros/ha (2 parcelas en Clavijo y Herce), estableciéndose el valor promedio en 334 almendros/ha. Las variedades más utilizadas son Largueta, Comuna y Marcona, especies cuyos doseles en su etapa de máximo desarrollo, entre primavera y finales de verano, alcanzan diámetros comprendidos entre 3,2 y 3,8 metros. El volumen de masa foliar tiene mayor entidad en plantaciones de densidad media, con 11,34 m² por ejemplar, esto es una cobertura aérea promedio de 28,37% (CC = 0,84). Por el contrario en parcelas intensivas la arquitectura de la copa no supera los 8,05 m² y sin embargo ofrece una mayor protección al suelo con el 42,62% de la superficie de la parcela cubierta (CC = 0,75).

Los diámetros de copa más sobresalientes, entre 3,8 (11,34 m²) y 5,5 metros (22,89 m²), se localizan en las plantaciones con menor número de ejemplares (<200 árboles/ha), que representan al 11,62% del espacio total. Pese a su notable desarrollo horizontal, el escaso volumen de almendros cultivados por hectárea implica que el 85% de la superficie del suelo carezca de protección aérea a lo largo todo el año (CC = 0,91). Asimismo es importante señalar que estas parcelas de baja o muy baja densidad, herederas de un sistema de explotación tradicional, se localizan sobre superficies ínfimas o en espacios marginales (lindes, laderas pronunciadas, bancales estrechos, etc) que hacen inviable cualquier práctica agrícola moderna (Fernández *et al*, 2006). La práctica totalidad de estas parcelas se

encuentran en estado de abandono, colonizadas por malas hierbas que protegen la superficie de suelo que el dosel no alcanza a cubrir. En estos casos Almorox *et al* (2010) aconsejan la siguiente expresión para el reajuste de CC:

$$F_c = F_c (\text{leñoso}) + F_c (\text{herbáceo})$$

$$H = [F_c (\text{leñoso}) * H (\text{leñoso}) + F_c (\text{herbáceo}) * H (\text{herbáceo})] / [F_c (\text{leñoso}) + F_c (\text{herbáceo})]$$

Con estas consideraciones, el valor final de CC para espacios cultivados en régimen de baja o muy baja densidad queda establecido en la Tabla 5.49.

La presencia de explotaciones de muy alta densidad, con parcelas que albergan entre 1.000-3.333 árboles/ha, es muy reducida (1,22% del total). Por lo general se trata de plantaciones relativamente jóvenes con una edad promedio de 24,2 años que emplean los ejemplares menos vigorosos para acelerar la entrada en producción (Arquero, 2013), posibilitar la mecanización y facilitar la eficiencia de los productos fitosanitarios. El diámetro de copa que desarrollan tiene menor entidad, entre 2-2,2 m por ejemplar, hecho que determina una superficie foliar de 3,15-3,8 m²; y sin embargo, los porcentajes de cobertura del conjunto de doseles, del 67,1% (CC = 0,60), son superiores a los documentados en densidades medias y altas.

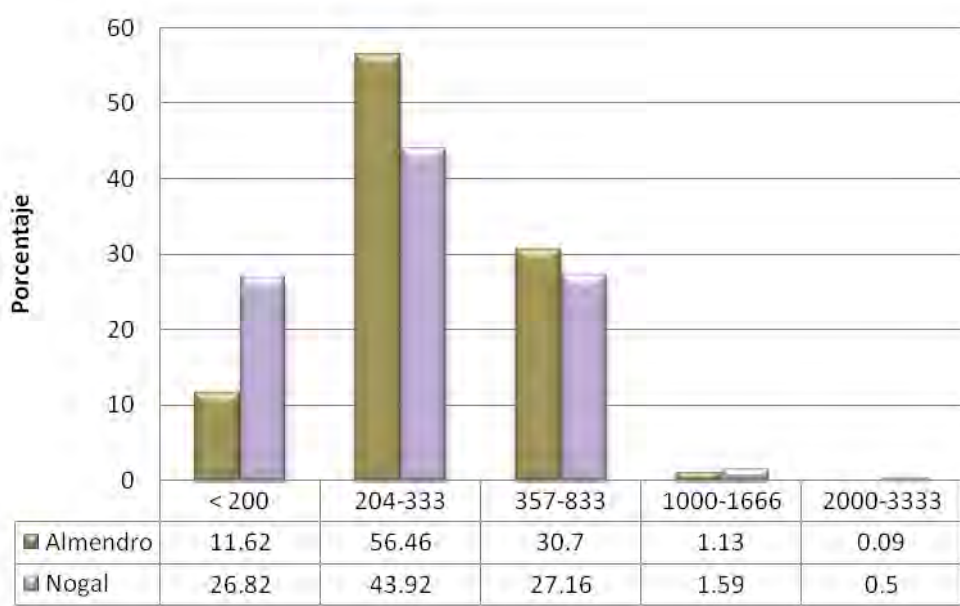


Gráfico 5.2. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de fruto seco

Tabla 5.47. Valores promedio de los parámetros de CC entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|------|----------|
| < 90 | 600 | 28,26 | 16,16 | 0,16 | 8,5 |
| 100-200 | 380 | 11,34 | 16,25 | 0,16 | 5,9 |
| 204-333 | 380 | 11,34 | 28,37 | 0,28 | 5,9 |
| 357-833 | 320 | 8,04 | 42,62 | 0,43 | 5,2 |
| 1000-1666 | 220 | 3,80 | 48,48 | 0,49 | 5,2 |
| 2000-3333 | 220 | 3,80 | 98,05 | 0,98 | 5,2 |

Tabla 5.48. Valores mensuales de CC en almendro por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| < 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 1 | 1 | 0,97 |
| 100-200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 1 | 1 | 0,95 |
| 204-333 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 1 | 1 | 0,92 |
| 357-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1 | 1 | 0,87 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 1 | 1 | 0,86 |
| 2000-3333 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 1 | 0,71 |

Tabla 5.49. Valores mensuales de CC en almendro sin mantenimiento por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| < 90 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,43 | 0,43 | 0,39 |
| 100-200 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,43 | 0,43 | 0,38 |
| 204-333 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,43 | 0,43 | 0,35 |
| 357-833 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,43 | 0,43 | 0,32 |
| 1000-1666 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,43 | 0,43 | 0,30 |
| 2000-3333 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,43 | 0,43 | 0,25 |



Foto 5.1. Plantación de almendro de alta densidad (Arnedo)

Las parcelas cultivadas con nogales cuentan con la densidad de plantación promedio más baja de la región, con 313 nogales/ha, siendo la mínima de 16 árboles/ha (una parcela en Ojacastro) y la máxima de 2.500 árboles/ha (4 explotaciones repartidas entre Estollo, Agoncillo, Arrúbal y Galilea).

Del análisis de la base de datos del Inventario de Frutales se concluye que las densidades de cultivo más bajas de la región se caracterizan por albergar los ejemplares de nogal más antiguos, con una edad promedio de 30 años (siendo la media regional de 17,6 años), y los doseles más sobresalientes, con un diámetro promedio de 660 cm (Tabla 5.50). Estas explotaciones, que representan al 5,53% del total, pese a su gran volumen foliar (34.19 m²) cuentan con un porcentaje de protección aérea muy bajo, del 19,19% (CC = 0,92), debido al escaso número de árboles por hectárea. Por otra parte los ejemplares cultivados en regímenes de baja (21,29%) y media densidad (43,92%), que presentan un área foliar de menor entidad ofrecen una mayor cobertura al suelo, de 19,24% (CC = 0,90) y 35,42% (CC = 0,82) respectivamente. No obstante, los mayores valores de cobertura se han registrado en las parcelas con mayor número de árboles, teniendo estos un área foliar mucho más modesta, entre 8,04-4,52 m², puesto que suelen emplear variedades precoces y de menor porte, con una rápida entrada en producción (Aletà *et al*, 2003). Los porcentajes de cobertura oscilan entre el 56,17% (CC = 0,56) y el 100% (CC = 1).

Tabla 5.50 Valores promedio de los parámetros de CC en nogal entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 90 | 660 | 34,19 | 19,19 | 0,19 | 9,18 |
| 100-200 | 420 | 13,85 | 19,24 | 0,19 | 6,56 |
| 204-333 | 420 | 13,85 | 35,42 | 0,35 | 6,56 |
| 357-833 | 320 | 8,04 | 41,30 | 0,41 | 5,90 |
| 1000-1666 | 240 | 4,52 | 56,17 | 0,56 | 5,90 |
| 2000-3333 | 240 | 4,52 | 100 | 1,00 | 5,90 |

Tabla 5.51. Valores mensuales de CC en nogal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | Media anual |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------------|
| < 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 1 | 1 | 0,96 |
| 100-200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1 | 1 | 0,95 |
| 204-333 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 1 | 1 | 0,91 |
| 357-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 1 | 1 | 0,89 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 1 | 1 | 0,84 |
| 2000-3333 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 1 | 1 | 0,72 |

Tabla 5.52. Valores mensuales de CC en nogal sin mantenimiento por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | Media anual |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| < 90 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,43 | 0,43 | 0,39 |
| 100-200 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,43 | 0,43 | 0,38 |
| 204-333 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,43 | 0,43 | 0,35 |
| 357-833 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,43 | 0,43 | 0,32 |
| 1000-1666 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,43 | 0,43 | 0,30 |
| 2000-3333 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,43 | 0,43 | 0,25 |

L) Subfactor CC en frutales de pepita

Las fincas de peral presentan las densidades de plantación media más elevadas de la región con 1.324 perales/ha, siendo la mínima de 82 perales/ha (una parcela en Ocón) y la máxima de 5000 perales/ha (13 parcelas repartidas entre Aldeanueva de Ebro, Calahorra y Rincón de Soto). La edad promedio de las explotaciones es de 15,18 años, lo que hace del peral el cultivo más joven del espacio agrícola regional.

Díez (2010) señala que el marco de plantación más común en el peral riojano es 4 x 1,5 metros, es decir, un marco característico de la agricultura de alta densidad (500-1.666 árboles/ha), empleado en el 87,72% de las explotaciones y que permite un uso más racional de la maquinaria y favorece la ejecución de las labores culturales. Por lo general, estas parcelas cultivadas en regímenes intensivos emplean las variedades Conferencia y Ercolini, ejemplares con una arquitectura arbórea moderada de formas planas y una envergadura promedio de copa de 2,83 m². El porcentaje de suelo protegido por la masa foliar es del 25,5% (CC = 0,84), un valor muy inferior al 63,04% (CC = 0,61) que presentan las parcelas de carácter muy intensivo, el 10,56% del total. En estas plantaciones con densidades de 2.000-5.000 árboles/ha se encuentran las variedades de menor porte, Williams y Limonera, con un volumen promedio de copa de 1,77 m²; mientras que en los sistemas semi-intensivos (6,15%) y extensivos (0,56%) se cultivan los ejemplares Morettini y Blanquilla, los más vigorosos de la región. Estos árboles, que tienen formas piramidales o ahusadas, pueden desarrollar áreas foliares de 8,76 m² lo que supone un porcentaje de cobertura aérea del 25,7% en plantaciones, con densidades de 204-416 perales/ha (CC = 0,85), y del 11,2% en parcelas con densidades inferiores a 200 perales/ha (CC = 0,94).

Asimismo resulta de especial importancia reseñar los resultados publicados por la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) de 2011, en el cual se indica que el sistema de cubiertas vegetales de crecimiento espontáneo es el método de laboreo utilizado en el 81,9% de las explotaciones de frutal de pepita. Esta cubierta natural, por lo general densa, se compone fundamentalmente de especies herbáceas de bajo porte, con una altura de 10-15 cm, que son eliminadas de forma controlada a principios de primavera antes de entrar en conflicto con las necesidades hídricas del peral, cuyo sistema radicular se encuentra a mayor profundidad. En este sistema de laboreo los valores más bajos de CC se dan a finales de

verano y principios de otoño, cuando dosel y cubierta vegetal han alcanzado el máximo desarrollo y ofrecen una mayor protección al suelo (Tabla 5.55).

Tabla 5.53. Valores promedio de los parámetros de CC entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 200 | 330 | 8,76 | 11,20 | 0,11 | 0,56 |
| 200-416 | 330 | 8,76 | 25,69 | 0,26 | 0,95 |
| 500-833 | 190 | 2,83 | 17,81 | 0,18 | 1,74 |
| 1000-1666 | 190 | 2,83 | 35,20 | 0,35 | 1,08 |
| 2000-5000 | 150 | 1,77 | 63,04 | 0,63 | 1,75 |

Tabla 5.54. Valores mensuales de CC en peral por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| < 200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 1 | 1 | 0,97 |
| 200-416 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 1 | 1 | 0,93 |
| 500-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 1 | 1 | 0,95 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 1 | 1 | 0,89 |
| 2000-5000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 1 | 1 | 0,81 |

Tabla 5.55. Valores mensuales de CC en peral con cubierta vegetal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| < 200 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,57 | 0,58 | 0,53 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,42 | 0,42 | 0,48 |
| 200-416 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,50 | 0,50 | 0,46 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,42 | 0,42 | 0,45 |
| 500-833 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,52 | 0,53 | 0,48 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,42 | 0,42 | 0,46 |
| 1000-1666 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,42 | 0,42 | 0,38 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,42 | 0,42 | 0,41 |
| 2000-5000 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,29 | 0,30 | 0,26 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,42 | 0,42 | 0,36 |



Foto 5.2. Plantación de peral intensivo (Villamediana de Iregua)



Foto 5.3. Plantación de peral de baja densidad (Villamediana de Iregua)

La densidad de plantación media en manzanos es de 981 árboles/ha, con valores mínimos de 83 manzanos/ha (una parcela en Ojacastro) y máximos de 5.000 manzanos/ha (5 parcelas en Badarán, San Vicente de la Sonsierra, Alcanadre y Ocón). Como se puede apreciar en el

Gráfico 5.3, el 77,75% de las plantaciones de manzano están cultivadas en régimen de alta densidad, en el que se emplean variedades de vigor medio-bajo como Golden y Granny Smith, con un desarrollo promedio del dosel de 4,52 m², es decir, un porcentaje de cobertura aérea de 42,30% (CC = 0,87). Las variedades de vigor medio como Royal Gala y Golden Delicious son características del sistema de explotación semi-intensivo, utilizado en el 17,20% de la superficie cultivada. Su área foliar máxima se estima en 10,17 m², equivalente a un porcentaje de cobertura aérea del 32,43% (CC = 0,81). Las especies de menor porte, como Red Chief, son características del modelo de muy alta densidad (2.000-5.000 árboles/ha) que representa el 4,36% del total. Aunque la superficie foliar en estos ejemplares es el más bajo, con 2,01 m² de media, el importante volumen de árboles plantados determina un porcentaje de cobertura promedio de 63,73% (CC = 0,61), el más elevado en manzanos. Por el contrario los ejemplares de mayor entidad arbórea: Reineta, Fuji y Starking, localizados en parcelas de carácter extensivo (0,69% del total), presentan superficies de dosel superiores a 12 m²; y sin embargo la baja densidad de plantación (< 200 árboles/ha), con un porcentaje de cobertura medio de 16,3%, los hace poco eficaces frente a la intercepción de las gotas de lluvia (CC = 0,91).

Tabla 5.56. Valores promedio de los parámetros de CC en manzano entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 200 | 400 | 12,56 | 16,26 | 0,16 | 5,6 |
| 200-416 | 380 | 10,17 | 32,43 | 0,32 | 5,6 |
| 500-833 | 240 | 4,52 | 28,42 | 0,28 | 4,9 |
| 1000-1666 | 240 | 4,52 | 56,17 | 0,56 | 4,9 |
| 2000-5000 | 160 | 2,01 | 63,76 | 0,63 | 4,9 |

Tabla 5.57. Valores mensuales de CC en manzano por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| < 200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 1 | 1 | 0,95 |
| 200-416 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 1 | 1 | 0,91 |
| 500-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 1 | 1 | 0,91 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 1 | 1 | 0,83 |
| 2000-5000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 1 | 1 | 0,81 |

Tabla 5.58. Valores mensuales de CC en manzano con cubierta vegetal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| < 200 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,59 | 0,59 | 0,54 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,42 | 0,42 | 0,49 |
| 200-416 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,45 | 0,45 | 0,41 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,42 | 0,42 | 0,43 |
| 500-833 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,46 | 0,46 | 0,42 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,42 | 0,42 | 0,43 |
| 1000-1666 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,31 | 0,32 | 0,28 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,42 | 0,42 | 0,37 |
| 2000-5000 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,30 | 0,30 | 0,26 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,42 | 0,42 | 0,36 |

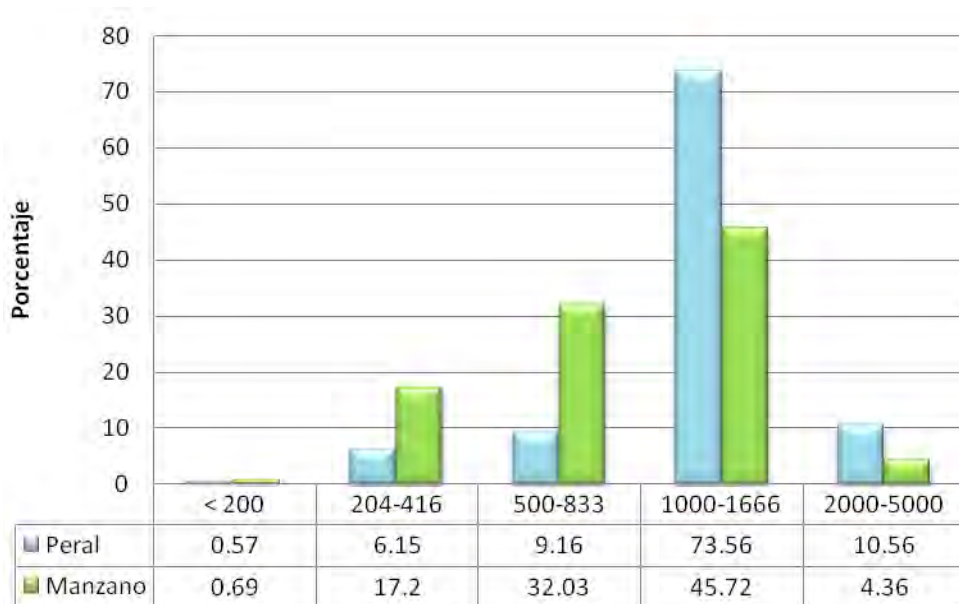


Gráfico 5.3. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de pepita

M) Subfactor CC en frutales de hueso

El principal sistema de explotación en el melocotonero y nectarino es el método intensivo (Gráfico 5.4.), en el que se emplean variedades de vigor moderado como Carson y Regalsum. En las parcelas con densidades comprendidas entre 500-833 árboles/ha, la superficie de copa de los ejemplares es de 6,60 m², equivalente a un porcentaje de cobertura promedio de 41,45% (CC = 0,75); mientras que las explotaciones con 1.000-1.666 árboles/ha, el área del dosel es de 3,80 m², es decir, un 47,2% de cobertura (CC = 0,72). Por otra parte, las parcelas

cultivadas en régimen semi-intensivo (11,43% del total) emplean variedades vigorosas (Royal Glory, Baby Gold y Catherine), con una superficie arbórea media de 10,40 m². Aunque el área foliar alcanza un buen tamaño, la baja densidad de plantación determina un porcentaje de protección aérea del 30,2% (CC = 0,82), el más bajo documentado en melocotoneros y nectarinos. En último lugar, el modelo de explotación de muy alta densidad tiene una escasa presencia en el área de estudio (0,53%) y emplea los ejemplares más jóvenes, con una media de edad de 12,2 años.

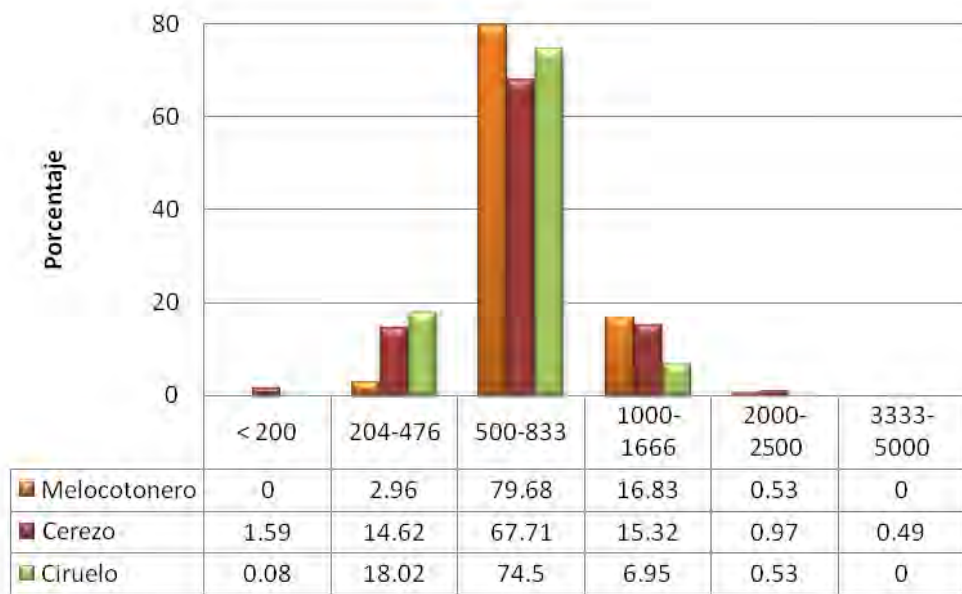


Gráfico 5.4. Estratos de densidad (árboles/ha) en frutales de hueso

Tabla 5.59. Valores promedio de los parámetros de CC en melocotonero y nectarino entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| 204-476 | 365 | 10,40 | 30,2 | 0,30 | 5,9 |
| 500-833 | 290 | 6,60 | 41,5 | 0,41 | 5,2 |
| 1000-1666 | 220 | 3,80 | 47,2 | 0,47 | 5,2 |
| 2000-2500 | 220 | 3,80 | 84,5 | 0,84 | 5,2 |

Tabla 5.60 Valores mensuales de CC en melocotonero y nectarino por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| 204-476 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 1 | 1 | 0,92 |
| 500-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1 | 1 | 0,88 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 1 | 1 | 0,86 |
| 2000-2500 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 1 | 1 | 0,75 |

Tabla 5.61. Valores mensuales de CC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 204-476 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,46 | 0,46 | 0,42 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,42 | 0,42 | 0,44 |
| 500-833 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,39 | 0,39 | 0,36 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,42 | 0,42 | 0,40 |
| 1000-1666 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,37 | 0,37 | 0,33 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,42 | 0,42 | 0,39 |
| 2000-2500 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,24 | 0,24 | 0,21 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,42 | 0,42 | 0,34 |

La densidad de plantación promedio en cerezo y guindo es de 647 árboles/ha, densidad propia del sistema de explotación intensivo que caracteriza al 60% del espacio cultivado, en el que se emplean variedades de porte vigoroso y medio (Early Bigi, Sunburst, Napoleón y Prime Giant), capaces de desarrollar doseles entre 2,54-9,62 m². La superficie de suelo protegida por la parte aérea oscila entre 28,2% (CC = 0,82) y 61,7% (CC = 0,61). Las variedades Summit y Burlat, que destacan por su mayor área foliar, se cultivan en explotaciones de carácter extensivo (1,60%) y semi-intensivo (36,93%). Los porcentajes de cobertura registrados en ambos sistemas son de 20,4% (CC = 0,88) y 42,8% (CC = 0,75). Por otra parte, y al igual que en los frutales de pepita, más de la mitad del espacio dedicado a frutales de hueso utiliza el sistema de cubiertas vegetales en superficie, con lo cual el valor inicial de CC se reduce sensiblemente.

Tabla 5.62. Valores promedio de los parámetros de CC en cerezo y guindo entre mayo y octubre por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 200 | 220 | 13,85 | 20,4 | 0,20 | 5,2 |
| 204-476 | 220 | 13,85 | 42,8 | 0,43 | 5,2 |
| 500-833 | 350 | 9,62 | 61,7 | 0,61 | 4,6 |
| 1000-1666 | 180 | 2,54 | 28,2 | 0,28 | 4,6 |
| 2000-2500 | 180 | 2,54 | 56,6 | 0,56 | 4,6 |
| 3333-5000 | 180 | 2,54 | 100 | 1,00 | 4,6 |

Tabla 5.63. Valores mensuales de CC en cerezo y guindo por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| < 200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 1 | 1 | 0,94 |
| 204-476 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1 | 1 | 0,87 |
| 500-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 1 | 1 | 0,80 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 1 | 1 | 0,93 |
| 2000-2500 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 1 | 1 | 0,82 |
| 3333-5000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 1 | 1 | 0,67 |

Tabla 5.64. Valores mensuales de CC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| < 200 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,51 | 0,52 | 0,47 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,42 | 0,42 | 0,46 |
| 204-476 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,39 | 0,39 | 0,35 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,42 | 0,42 | 0,40 |
| 500-833 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,28 | 0,28 | 0,25 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,42 | 0,42 | 0,35 |
| 1000-1666 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,43 | 0,34 | 0,39 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 2000-2500 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,30 | 0,31 | 0,27 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,42 | 0,42 | 0,36 |
| 3333-5000 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,42 | 0,42 | 0,30 |

La información proporcionada por el Observatorio de Precios Agrarios de 2011 (Gobierno de La Rioja) determina que la variedad de ciruelo más utilizado en la región es la Reina Claudia Verde, un árbol de vigor medio y porte semi-erguido, con un diámetro entre 2,4-3,5 metros, que en ejemplares maduros llega a alcanzar 3,8-4 metros. La densidad de cultivo promedio es de 518 ciruelos/ha, siendo la mínima de 178 árboles/ha (2 parcelas en Quel y Cornago) y la máxima de 2.500 árboles/ha (7 plantaciones en Calahorra, Herce, Aguilar del

río Alhama, Cornago e Igea). Los especímenes cultivados en explotaciones semi-intensivas (53,36%) cuentan con un área foliar promedio de 11,34 m², equivalente a una cobertura del 35,1% (CC = 0,81); mientras que los ejemplares característicos del sistema intensivo (46,11%) presentan un área menor, que junto al elevado número de árboles por hectárea supone un porcentaje de cobertura aérea entre 56,17 y 61,67% (CC = 0,67-0,64). El 0,53% del espacio restante emplea el modelo de explotación muy intensivo en el que se encuentran los ejemplares de ciruelo más jóvenes, con una media de edad de 15,14 años y una superficie foliar de 3,8 m². El porcentaje de cobertura que presentan estos espacios es el mayor documentado en ciruelos, de 93,9% (CC = 0,45).

Tabla 5.65. Valores promedio de los parámetros de CC en ciruelo entre mayo y octubre por estratos de densidad

| densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 200 | 380 | 11,34 | 19,9 | 0,20 | 5,9 |
| 204-476 | 380 | 11,34 | 35,1 | 0,35 | 5,9 |
| 500-833 | 350 | 9,62 | 61,6 | 0,62 | 5,4 |
| 1000-1666 | 240 | 4,52 | 56,2 | 0,56 | 5,4 |
| 2000-2500 | 240 | 4,52 | 1000 | 1,00 | 5,4 |

Tabla 5.66. Valores mensuales de CC en ciruelo por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|
| < 200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 1 | 1 | 0,94 |
| 204-476 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 1 | 1 | 0,90 |
| 500-833 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 1 | 1 | 0,82 |
| 1000-1666 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 1 | 1 | 0,84 |
| 2000-2500 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 1 | 1 | 0,73 |

Tabla 5.67. Valores mensuales de CC en ciruelo con cubierta vegetal por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| < 200 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,52 | 0,52 | 0,48 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,42 | 0,42 | 0,46 |
| 204-476 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,42 | 0,42 | 0,43 |
| 500-833 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,32 | 0,34 | 0,31 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,42 | 0,42 | 0,38 |
| 1000-1666 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,34 | 0,34 | 0,30 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,42 | 0,42 | 0,38 |
| 2000-2500 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 1 | 0,23 | 0,23 | 0,20 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,42 | 0,42 | 0,33 |



Foto 5.4. Plantación de cerezo de baja densidad (Nalda)



Foto 5.5. Plantación de melocotonero de baja densidad (Logroño)

N) Subfactor CC en olivo

En el olivar las densidades de plantación empleadas son muy variables, con mínimas de 44 olivos/ha (2 parcelas en Arnedo) y máximas de 10.000 olivos/ha (6 parcelas repartidas entre Aldeanueva de Ebro, Arnedo y Autol). El 74,12% de las explotaciones de olivar riojanas presentan densidades entre 200 y 833 olivos/ha (Gráfico 5.5), siendo la media regional de 428 olivos/ha, cifra muy superior a la media documentada por Navarro y Parra (2008) en olivares de Andalucía, comprendida entre 70 y 80 olivos/ha. Estas densidades son características de un sistema de explotación intensivo que emplea marcos de plantación rectangulares y variedades de olivo de vigor medio como son Redondilla, Royuela y Macho (Chávarri *et al*, 2014). El porte medio que alcanza el dosel en estos ejemplares es de 12,56 m² lo que supone un porcentaje de cobertura del 49,9% de la superficie (CC = 0,70). Al tratarse de una especie perenne, no sufre la caída de la hoja durante la parada invernal, con lo cual se recomienda realizar una poda de equilibrio a finales de invierno en la que, según Íñiguez *et al* (1999), no se debe eliminar más del 20-25% de la masa foliar. Entre febrero y marzo el porte del dosel podado es de 11,34 m², esto es un porcentaje de cobertura de 45% (CC = 0,73).

Las densidades más elevadas, superiores a 1.250 árboles/ha para Gómez del Campo (2011) y a 1600 árboles/ha para Abós *et al* (2007), son propias de explotaciones superintensivas mecanizadas en las que se emplean marcos de plantación de 4 x 3,7, 4 x 1-5 o 2 x 1,4 metros. Estas explotaciones superintensivas son relativamente recientes en La Rioja, con una media de edad de 7,6 años, y se caracterizan por el uso de variedades poco vigorosas con una rápida entrada en producción. El elevado número de olivos por hectárea y la juventud de los mismos supone un escaso desarrollo del volumen del dosel, con una superficie de 2,27 m² por ejemplar, esto es un porcentaje promedio de cobertura aérea de 48,1% (CC = 0,68).

Las densidades de plantación más bajas, inferiores a 200 olivos/ha, suponen el 17,81% del total del olivar y son características del sistema extensivo con marcos de plantación muy amplios, aunque irregulares, que dificultan la mecanización y el riego. Los ejemplares plantados en estas parcelas son los más longevos, muchos de ellos centenarios, con copas que alcanzan un gran diámetro (6 m por ejemplar), siendo la envergadura promedio de 28,26 m² y el porcentaje de cubierta del dosel de 33,14% (CC = 0,81).

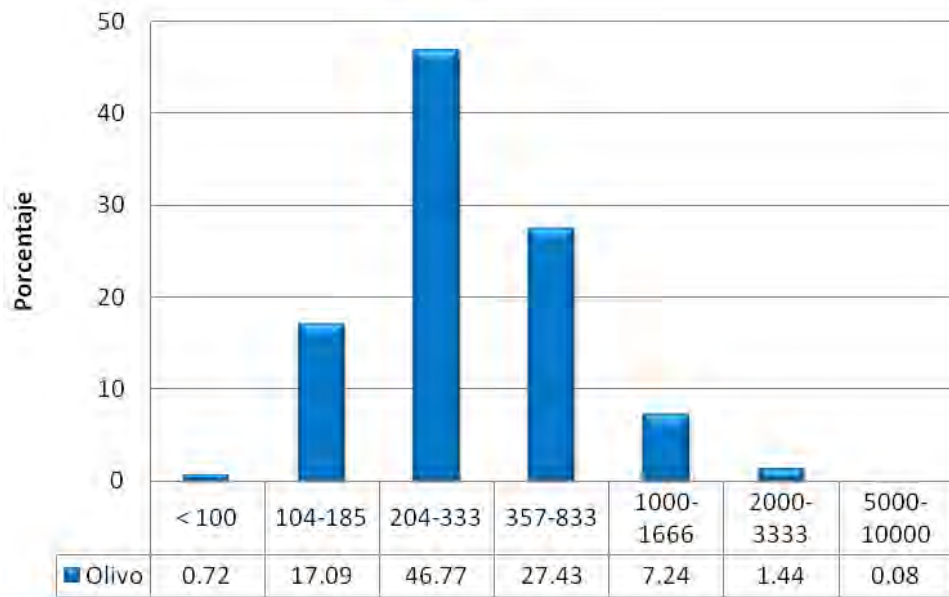


Gráfico 5.5. Estratos de densidad (árboles/ha) en olivo

Tabla 5.68. Valores promedio de los parámetros de CC en olivo por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 100 | 600 | 28,26 | 22,03 | 0,22 | 5,7 |
| 104-185 | 600 | 28,26 | 39,07 | 0,39 | 5,7 |
| 204-333 | 400 | 12,56 | 31,40 | 0,31 | 5,7 |
| 357-833 | 400 | 12,56 | 66,72 | 0,67 | 5,7 |
| 1000-1666 | 170 | 2,27 | 28,97 | 0,29 | 3,9 |
| 2000-3333 | 170 | 2,27 | 58,58 | 0,59 | 3,9 |
| 5000-10000 | 170 | 2,27 | 100 | 1 | 3,9 |

Tabla 5.69. Valores promedio de los parámetros de CC en olivo tras la poda por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ø dosel (cm) | Área foliar (m ²) | Cobertura dosel (%) | Fc | H (pies) |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------|----------|
| < 100 | 540 | 22.89 | 17.85 | 0.18 | 5,7 |
| 104-185 | 540 | 22.89 | 31.65 | 0.31 | 5,7 |
| 204-333 | 380 | 11.34 | 28.33 | 0.28 | 5,7 |
| 357-833 | 380 | 11.34 | 60.22 | 0.60 | 5,7 |
| 1000-1666 | 150 | 1.77 | 22.54 | 0.22 | 3,9 |
| 2000-3333 | 150 | 1.77 | 45.58 | 0.46 | 3,9 |
| 5000-10000 | 150 | 1.77 | 100 | 1 | 3,9 |

Tabla 5.70. Valores mensuales de CC en olivo por estratos de densidad

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | CC Pmed |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| < 100 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| 104-185 | 0,78 | 0,82 | 0,82 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,79 |
| 204-333 | 0,81 | 0,83 | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,82 |
| 357-833 | 0,61 | 0,64 | 0,64 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 1000-1666 | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,81 |
| 2000-3333 | 0,69 | 0,60 | 0,60 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,62 |
| 5000-10000 | 0,12 | 0,21 | 0,21 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,14 |



Foto 5.6. Plantación de olivo extensivo (Logroño)



Foto 5.7. Plantación de olivo superintensivo (Villamediana de Iregua)

5.2.3. La humedad del suelo (Subfactor SM)

El subfactor SM (Soil Moisture) o subfactor de humedad del suelo tiene especial incidencia en las tasas de infiltración y en la escorrentía. En el manual de RUSLE, Yoder *et al* (1996) señalan que los valores de humedad en suelos cultivados en los EE.UU continentales son más altos en primavera y principios de verano, cuando tienen lugar la mayor parte de los procesos erosivos. Por el contrario, la humedad del suelo decrece en verano debido a la escasez de precipitaciones que alimentan la recarga, la exigencia hídrica de los cultivos y la profundidad de los suelos. En perfiles de suelo en estado de marchitez y con una profundidad de al menos 6 pies (1,8 m) no se observan procesos erosivos ni escorrentía.

Los valores de SM oscilan entre 1, cuando el suelo está a su capacidad de campo, y 0, cuando el suelo se encuentra en el punto de marchitez, ya que la recarga del subsuelo ha disminuido y no es accesible para el sistema radicular de las plantas. Sin embargo los autores del manual no facilitan ninguna ecuación para estimar el subfactor de humedad, de manera que se ha adoptado la propuesta citada por Almorox *et al* (2010):

$$SM = [0.4 + 0.6 * (Reserva / 100)]$$

El procedimiento que estos autores proponen consiste en seleccionar la estación pluviométrica más cercana a la zona de estudio y leer los valores de la reserva del balance hídrico (mm) de cada mes. La reserva (R) constituye el volumen de agua retenida por el terreno y está estrechamente relacionada con los parámetros de precipitación mensual (P) y evapotranspiración (ETP). Los datos climáticos necesarios para calcular la reserva, la precipitación y la evapotranspiración se han obtenido de las series pluviométricas de las 16 estaciones meteorológicas seleccionadas para estimar el factor R en el intervalo 2005-2011. Sin embargo, es importante señalar que se han encontrado lagunas de información en los registros de evapotranspiración para el intervalo 2005-2008 en los observatorios de Moncalvillo y Ocón, y para el intervalo 2005-2009 en la estación de Nájera. En su lugar, se han tomado como referencia los parámetros de las estaciones más cercanas, en este caso Villar de Torre (Moncalvillo), Arnedo (Ocón) y Uruñuela-Torremontalbo (Nájera). Para la zona de influencia del observatorio de Haro, en el que no existe registro alguno de ETP en el

intervalo seleccionado para el área de estudio, se toman los datos de la estación de Casalarreina.

Para calcular el valor mensual de la reserva en el suelo se ha seguido el método de Balance Hídrico de Thornthwaite y Matter (1957), que analiza los valores de entrada y salida del flujo de agua y la variación de su volumen en un sistema. La formulación para estimar la reserva es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 R_i &= R_{i-1} + (P_i - ET_i) && \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{\max} \\
 R_i &= R_{\max} && \text{si } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{\max} \\
 R_i &= 0 && \text{si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i)
 \end{aligned}$$

Donde R_i es la reserva del mes i , R_{i-1} la reserva del mes anterior, P_i la precipitación del mes i , ET_i la evapotranspiración del mes i , R_{\max} el valor de referencia máximo de la reserva y 0 el valor mínimo de la reserva. Según el método de cálculo de ETP ideado por Thornthwaite, la reserva hídrica del suelo tiene un valor de 0 a principios de año hidrológico, que en nuestra latitud se corresponde con el mes de octubre. Tomando como referencia el índice de potencialidad agrícola de Turc (1967), el valor máximo de la reserva se ha fijado en 100 mm.

Como se puede apreciar en la tabla anexa (Tabla 5.71), en todos los meses del intervalo analizado la precipitación es superior a la pérdida de agua por evapotranspiración potencial ($P > ETP$), superándose la capacidad de retención máxima del acuífero (100 mm). Este exceso hídrico indica que la mayor parte del año, salvo a principios del año hidrológico (octubre y septiembre), el suelo se encuentra en capacidad de campo ($SM = 1$), generando escorrentía de manera continua con el drenaje del agua sobrante. Resulta igualmente interesante comprobar cómo en los sectores más orientales de la comunidad, que se encuentran más expuestos a la influencia climática del Mediterráneo y tienen un menor volumen de precipitaciones anual, la recarga del acuífero tarda más tiempo en alcanzar su capacidad máxima. Es el caso de las zonas de influencia de los observatorios de Alfaro, Arnedo y Ocón, cuyos suelos se mantienen por debajo de la capacidad de campo desde octubre hasta diciembre; y Yerga, que alcanza su SM máxima en enero. Por el contrario, los suelos de los espacios situados a mayor altitud donde las precipitaciones son más abundantes (Ezcaray, Moncalvillo, San Vicente de la Sonsierra y Villar de Torre) son capaces de recargar su acuífero en solo un mes.

Tabla 5.71. Valores de precipitación (P), evapotranspiración (ETP), Reserva hídrica (R) y subfactor SM en el intervalo 2005-2011.

| Estaciones meteorológicas | Parámetros | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agoncillo | P (mm) | 29,52 | 33,61 | 42,04 | 48,10 | 61,09 | 57,24 | 22,54 | 8,36 | 34,53 | 37,87 | 46,20 | 35,37 |
| | ETP (mm) | 0,88 | 1,47 | 2,40 | 3,27 | 4,17 | 5,25 | 5,13 | 5,13 | 3,56 | 2,19 | 1,19 | 0,82 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 35,68 | 80,69 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,61 | 0,88 | 1 |
| Aldeanueva de Ebro | P (mm) | 24,17 | 25,94 | 43,57 | 50,80 | 73,69 | 32,66 | 14,91 | 15,37 | 24,60 | 35,00 | 49,60 | 27,94 |
| | ETP (mm) | 1,01 | 1,71 | 2,77 | 3,70 | 4,58 | 5,59 | 6,31 | 5,53 | 3,90 | 2,41 | 1,38 | 1 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 32,59 | 80,81 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,60 | 0,88 | 1 |
| Alfaro | P (mm) | 23,93 | 21,47 | 37,17 | 51,00 | 58,60 | 23,16 | 9,93 | 8,86 | 29,51 | 35,19 | 43,70 | 24,77 |
| | ETP (mm) | 0,88 | 1,58 | 2,57 | 3,45 | 4,43 | 5,43 | 6,06 | 5,26 | 3,60 | 2,30 | 1,27 | 0,86 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 32,88 | 75,31 | 99,22 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,60 | 0,85 | 0,99 |
| Arnedo | P (mm) | 17,88 | 20,30 | 27,77 | 40,02 | 44,30 | 43,43 | 22,30 | 12,12 | 46,07 | 25,32 | 43,26 | 22,14 |
| | ETP (mm) | 0,77 | 1,39 | 2,26 | 3,22 | 4,06 | 4,93 | 5,58 | 4,90 | 3,40 | 2,10 | 1,09 | 0,74 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 23,22 | 65,39 | 86,80 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,54 | 0,79 | 0,92 |
| Cuzcurrita | P (mm) | 28,40 | 33,70 | 40,83 | 45,33 | 58,47 | 47,90 | 12,76 | 13,10 | 20,86 | 48,36 | 44,23 | 48,58 |
| | ETP (mm) | 0,92 | 1,44 | 2,24 | 2,96 | 3,90 | 4,83 | 5,72 | 4,87 | 3,52 | 2,13 | 1,19 | 0,81 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 46,23 | 89,27 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,68 | 0,94 | 1 |
| Ezcaray | P (mm) | 49,00 | 72,35 | 49,37 | 59,78 | 83,53 | 52,17 | 24,47 | 17,03 | 31,75 | 61,70 | 93,01 | 39,14 |
| | ETP (mm) | 0,94 | 1,36 | 1,88 | 2,30 | 3,10 | 3,67 | 4,44 | 3,95 | 2,93 | 1,96 | 1,12 | 1,03 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 59,47 | 100 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,76 | 1 | 1 |

Tabla 5.71. Valores de precipitación (P), evapotranspiración (ETP), Reserva hídrica (R) y subfactor SM en el intervalo 2005-2011 (continuación)

| Estaciones meteorológicas | Parámetros | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Haro | P (mm) | 28,40 | 33,70 | 40,83 | 45,33 | 58,47 | 47,90 | 12,76 | 13,10 | 20,86 | 48,36 | 44,23 | 48,58 |
| | ETP (mm) | 0,92 | 1,44 | 2,24 | 2,96 | 3,90 | 4,83 | 5,72 | 4,87 | 3,52 | 2,13 | 1,19 | 0,81 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 46,23 | 89,27 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,68 | 0,94 | 1 |
| Logroño | P (mm) | 23,83 | 31,64 | 41,27 | 47,20 | 60,94 | 58,91 | 16,97 | 9,09 | 21,10 | 40,73 | 49,29 | 37,40 |
| | ETP (mm) | 0,96 | 1,50 | 2,43 | 3,24 | 4,25 | 5,26 | 5,95 | 5,17 | 3,65 | 2,21 | 1,21 | 0,88 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 38,52 | 86,59 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,63 | 0,92 | 1 |
| Moncalvillo | P (mm) | 38,90 | 37,91 | 41,17 | 59,77 | 72,06 | 56,47 | 31,94 | 10,77 | 25,51 | 58,99 | 60,56 | 45,09 |
| | ETP (mm) | 0,79 | 1,36 | 2,22 | 2,84 | 3,60 | 4,50 | 5,17 | 4,42 | 3,26 | 1,88 | 1,01 | 0,73 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 57,10 | 100 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,74 | 1 | 1 |
| Nájera | P (mm) | 27,86 | 30,10 | 41,61 | 39,08 | 57,07 | 51,37 | 12,37 | 9,24 | 19,53 | 42,09 | 52,11 | 37,94 |
| | ETP (mm) | 0,82 | 1,39 | 2,29 | 3,19 | 3,87 | 4,69 | 5,22 | 4,46 | 3,09 | 1,84 | 1,01 | 0,68 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 40,25 | 91,35 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,64 | 0,95 | 1 |
| Ocón | P (mm) | 14,23 | 18,20 | 30,00 | 49,48 | 49,43 | 53,97 | 19,45 | 13,92 | 46,03 | 25,65 | 40,87 | 20,53 |
| | ETP (mm) | 0,80 | 1,42 | 2,30 | 3,24 | 4,02 | 4,98 | 5,69 | 5,05 | 3,53 | 2,23 | 1,11 | 0,77 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 23,42 | 63,18 | 82,94 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,54 | 0,78 | 0,90 |

Tabla 5.71. Valores de precipitación (P), evapotranspiración (ETP), Reserva hídrica (R) y subfactor SM en el intervalo 2005-2011 (continuación)

| Estaciones meteorológicas | Parámetros | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| San Asensio | P (mm) | 34,99 | 45,56 | 58,79 | 51,73 | 51,64 | 46,91 | 9,06 | 12,56 | 23,54 | 57,00 | 69,07 | 55,57 |
| | ETP (mm) | 0,92 | 1,57 | 2,51 | 3,37 | 4,37 | 5,20 | 5,85 | 5,08 | 3,70 | 2,33 | 1,30 | 0,90 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 54,67 | 100 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,73 | 1 | 1 |
| Santo Domingo de la Calzada | P (mm) | 25,37 | 31,54 | 37,91 | 52,67 | 79,20 | 52,51 | 16,37 | 13,43 | 22,71 | 48,74 | 51,71 | 41,97 |
| | ETP (mm) | 0,92 | 1,48 | 2,29 | 2,81 | 3,57 | 4,57 | 5,47 | 4,67 | 3,54 | 2,25 | 1,25 | 0,92 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 46,49 | 96,95 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,68 | 0,98 | 1 |
| Uruñuela-Torremontalbo | P (mm) | 28,29 | 31,80 | 42,91 | 41,93 | 54,69 | 56,37 | 12,06 | 9,34 | 22,91 | 42,97 | 54,91 | 41,94 |
| | ETP (mm) | 0,83 | 1,39 | 2,30 | 3,10 | 3,89 | 4,72 | 5,25 | 4,46 | 3,08 | 1,82 | 1,02 | 0,72 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 41,15 | 95,05 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,65 | 0,97 | 1 |
| Villar de Torre | P (mm) | 30,91 | 36,91 | 36,91 | 54,77 | 75,29 | 73,44 | 27,97 | 13,20 | 26,09 | 50,63 | 61,26 | 43,43 |
| | ETP (mm) | 0,85 | 1,38 | 2,18 | 2,68 | 3,46 | 4,33 | 5,13 | 4,48 | 3,31 | 2,05 | 1,11 | 0,82 |
| | R (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 48,58 | 100 | 100 |
| | SM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,69 | 1 | 1 |
| Yerga | P (mm) | 15,10 | 20,73 | 28,20 | 39,84 | 68,70 | 30,60 | 15,65 | 12,67 | 20,83 | 18,87 | 30,47 | 20,76 |
| | ETP (mm) | 0,76 | 1,28 | 2,17 | 3,01 | 3,78 | 4,55 | 5,12 | 4,38 | 2,93 | 1,77 | 0,98 | 0,71 |
| | R (mm) | 80,99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 17,10 | 46,59 | 66,64 |
| | SM | 0,89 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,50 | 0,68 | 0,80 |

5.2.4. La rugosidad superficial (Subfactor SR)

El subfactor SR (Surface Roughness) considera el efecto de la rugosidad superficial del suelo sobre la erosión, entendiéndose que es una de las características del suelo que determina su funcionamiento hidrológico y su comportamiento frente a la escorrentía. El subfactor SR toma valores comprendidos entre 0 y 1 y se estima mensualmente. En este caso, hemos adoptado la expresión que Yoder *et al* (1996) ofrecen en el manual de RUSLE:

$$SR = \exp[-0.66 * (Ru - 0.24)]$$

Donde SR es el subfactor de rugosidad superficial, *exp* es la función exponencial y Ru es la rugosidad de un suelo en pulgadas. Ru se estima mediante la siguiente ecuación:

$$Ru = 0.24 + [Dr * Ri - 0.24]$$

Donde Ru es la rugosidad, Dr es el coeficiente de disminución de la rugosidad y Ri la rugosidad en pulgadas tras la labor agrícola más reciente. Por su parte el parámetro Dr está relacionado con las precipitaciones y con el factor R, y se expresa de la siguiente forma:

$$Dr = \exp[0.5 * (-0.14 * Pt) + 0.5 * (-0.012 * EIt)]$$

Donde Pt es la precipitación registrada desde la labor agrícola más reciente y EIt es el factor R, ambos parámetros en pulgadas.

El manual de RUSLE suministra datos tabulados sobre los valores de rugosidad (Ri) dejada por algunas las labores agrícolas (Tabla 5.72). Para ello es necesario conocer el calendario de operaciones y prácticas llevadas a cabo en cada uno de los cultivos más importantes de la región, así como las condiciones de desarrollo vegetativo de la especie plantada. En los meses en los que la superficie del suelo no se ve alterada por dichas labores debido al desarrollo de los cultivos, se han tomado los valores de Ri asociados a condiciones de campo siguiendo la Tabla 5.73.

Tabla 5.72. Valores para las operaciones típicas en tierras de cultivo (Renard *et al*, 1996)

| Operaciones agrícolas | Ri (pulgadas) | Residuo en superficie (%) | Profundidad de incorporación (pulgadas) | Superficie alterada (%) |
|-------------------------------|---------------|---------------------------|---|-------------------------|
| Chisel escardador | 1,2 | 70 | 6 | 100 |
| Chisel de brazo recto | 1,5 | 60 | 6 | 100 |
| Chisel de brazo curvo | 1,9 | 45 | 6 | 100 |
| Cultivador | 0,7 | 75 | 2 | 100 |
| Cultivador de surcos | 0,7 | 80 | 2 | 85 |
| Cultivador de caballones | 0,7 | 40 | 2 | 90 |
| Grada de discos | 1,2 | 30 | 4 | 100 |
| Grada pesada | 1,9 | 35 | 6 | 100 |
| Grada ligera | 0,8 | 50 | 4 | 100 |
| Sembradora de doble disco | 0,4 | 90 | 2 | 85 |
| Sembradora profunda | 0,5 | 70 | 3 | 90 |
| Inyector de fertilizante | 0,6 | 80 | 2 | 15 |
| Grada de púas | 0,4 | 80 | 2 | 100 |
| Grada de dientes | 0,4 | 85 | 2 | 100 |
| Aporcadora | 0,8 | 20 | 4 | 100 |
| Inyector de estiércol | 1,5 | 50 | 6 | 40 |
| Arado de vertedera | 1,9 | 5 | 8 | 100 |
| Rodillo para cubiertas | 0,4 | 75 | 2 | 100 |
| Sembradora de siembra directa | 0,4 | 85 | 2 | 15 |
| Sembradora en surcos | 0,4 | 90 | 2 | 15 |
| Escardadora de varillas | 0,4 | 90 | 2 | 100 |
| Escardadora rotativa | 0,4 | 85 | 2 | 100 |
| Cosechadora | 1,2 | 80 | 3 | 20 |

Hay que tener en cuenta además que cada agricultor cuenta con una sistema particular para gestionar su parcela en base a su estructura productiva, tamaño, localización, tipo de explotación, disponibilidad de maquinaria agrícola o de mano de obra, facilidad de acceso a la parcela, normativas de condicionalidad para percibir las ayudas de la PAC, etc. Puesto que reflejar todas las particularidades del espacio agrícola riojano resulta una tarea imposible, se ha establecido un modelo de explotación estándar para cada uno de los cultivos principales basado en las operaciones agrícolas que se realizan de forma habitual. Dichas labores, consignadas en cronogramas (Anexo 1), facilitan la estimación mensual de la rugosidad.

Tabla 5.73. Valores de rugosidad para condiciones de campo (Renard *et al.*, 1996)

| Condición | Ri (pulgadas) |
|-----------------------------|---------------|
| Prado anual tipo California | 0,25 |
| Pastos altos | 0,30 |
| Recortado y escaso | 0,60 |
| Pino-junípero | 0,60 |
| Desnudo | 0,70 |
| Arbusto natural | 0,80 |
| Pradera sembrada | 0,80 |
| Pastos bajos | 0,80 |
| Desnudo y rugoso | 1,00 |
| Herbazal | 1,00 |
| Rugoso | 1,10 |
| Artemisa | 1,10 |
| Barbecho | 1,30 |

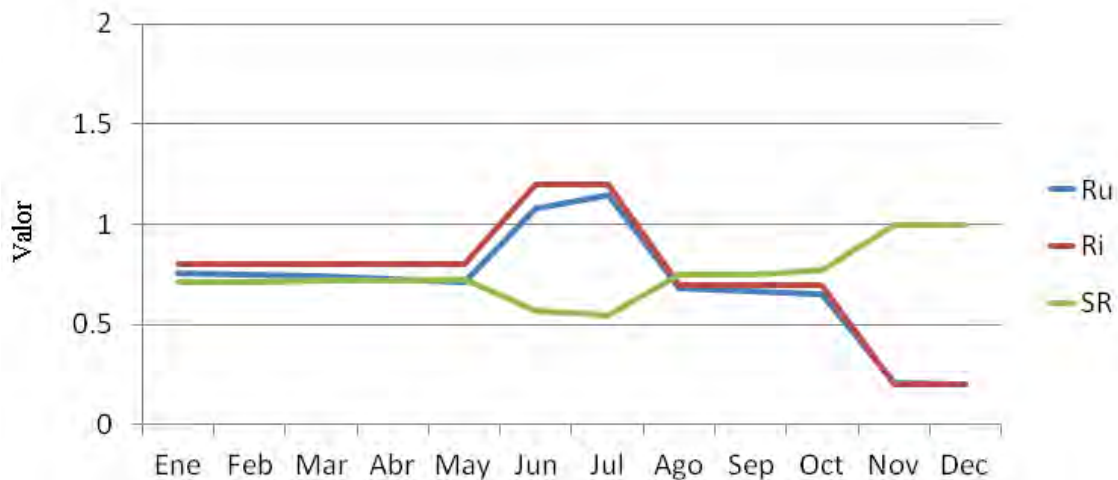
A) Subfactor SR en cereal de grano

La información aportada por la Encuesta sobre Superficie y Rendimientos de Cultivos de 2011 (ESYRCE), ha permitido identificar los diferentes métodos de siembra y técnicas de laboreo empleados en cereales de grano y cereales forrajeros en La Rioja. La siembra directa, es decir, el sistema de plantación sobre el rastrojo de la cosecha anterior sin la remoción del suelo mediante maquinaria, se utiliza en el 8,1% de las parcelas cultivadas con cereal. Esta técnica, en opinión de Martínez (2009), supone el 40% de la superficie sembrada de cereal en Rioja Alta, mientras que en el resto de comarcas se empiezan a utilizar técnicas de reducción del laboreo, abandonando progresivamente el uso de aperos de labor profunda.

Pese a esta dinámica de cambio, el sistema de laboreo mayoritario sigue siendo la labranza tradicional, utilizada en el 91,8% del espacio dedicado al cereal. En este sistema se cultiva sobre los restos vegetales dejados por la cosecha anterior, que son incorporados al suelo con una labor profunda de vertedera o chisel, seguida de varios pases con cultivador o grada, para refinar el lecho de siembra. Según el calendario de prácticas orientativas para los cultivos riojanos elaborado por el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA), estas operaciones de laboreo preparatorio tienen lugar a finales de verano y principios de otoño (SR = 0,76), a la vez que se aprovecha para repartir el abono de fondo y los tratamientos herbicidas. Durante la temporada de siembra, a finales de otoño y principios de invierno, se emplean sembradoras de

cereal a chorrillo que abren surcos sobre los que reparten la semilla (SR = 0,91); labor que complementa el agricultor con una pasada de rulo liso para compactar la capa superficial y facilitar la germinación de las semillas (SR = 1). A lo largo de los meses de invierno y primavera, cuando se desarrolla el cereal, se procede al abonado de cobertera y a la aplicación de herbicidas post-emergencia, labores que no perturban la estructura del suelo ni la rugosidad de la capa superficial (SR = 0,71). La temporada de cosecha tiene comienzo a principios de verano, pudiéndose prolongar hasta el mes de agosto, y se realiza con cosechadora autopropulsada provista de cuchillas que pican y esparcen la paja (Márquez, 2009), que posteriormente será empacada para su aprovechamiento ganadero (SR = 0,56).

Gráfico 5.6. Parámetros de SR en cereal de grano

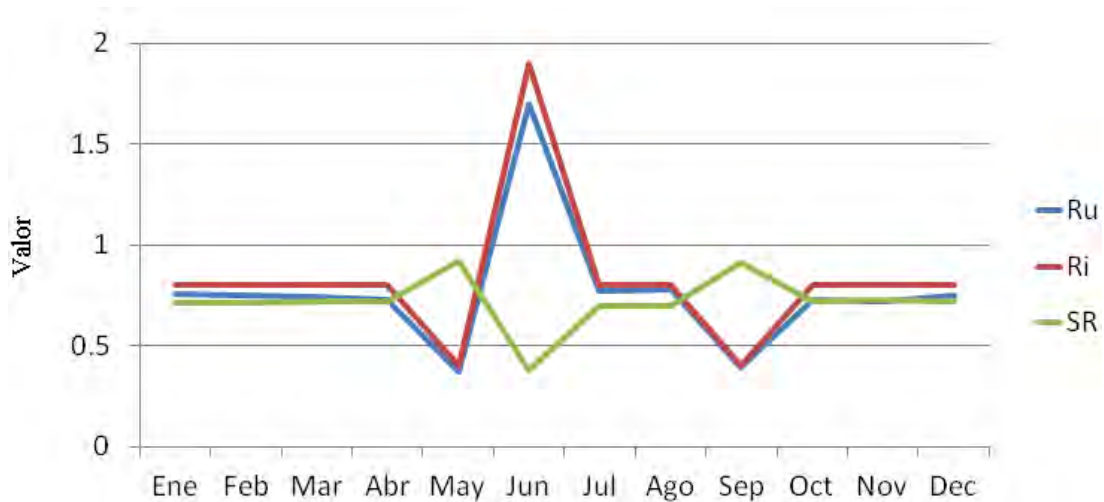


B) Subfactor SR en hortalizas de flor

Tres semanas antes de la plantación, en el mes de junio, se da una labor profunda con subsolador o chisel y varias pasadas posteriores con fresadoras o gradas rotatorias para desmenuzar el terreno (SR = 0,38). La época de plantación de la alcachofa tiene lugar entre finales de junio y finales de julio pudiendo utilizarse el método de siembra tradicional con rizomas, estacas, zuecas y esquejes provenientes de cosechas anteriores (Maroto, 2001); o el método de multiplicación mediante semilla. Semanas después de la siembra se efectúa una labor de recalce con aporcadora o cultivador para agrupar las plantas en el centro de la línea (Guerrero, 1990) y favorecer los riegos que se dan en primavera y finales de verano (SR =

0,70). En paralelo a los riegos, se aplican los tratamientos de desherbado mecánico con escardadora que destruyen las plantas adventicias a la vez que mullen la capa de suelo rompiendo la costra superficial (SR = 0,91). La cosecha de la alcachofa es manual, pudiéndose recoger los primeros frutos entre abril y mayo, con una segunda recolección entre octubre y noviembre en el caso de la alcachofa de ciclo bianual o trianual. En plantaciones anuales, las plantas son arrancadas con segadoras tras la cosecha, entre los meses de agosto y septiembre (SR = 0,78-0,91), mientras que en plantaciones bianuales o trianuales la planta permanece en la parcela (SR = 0,72).

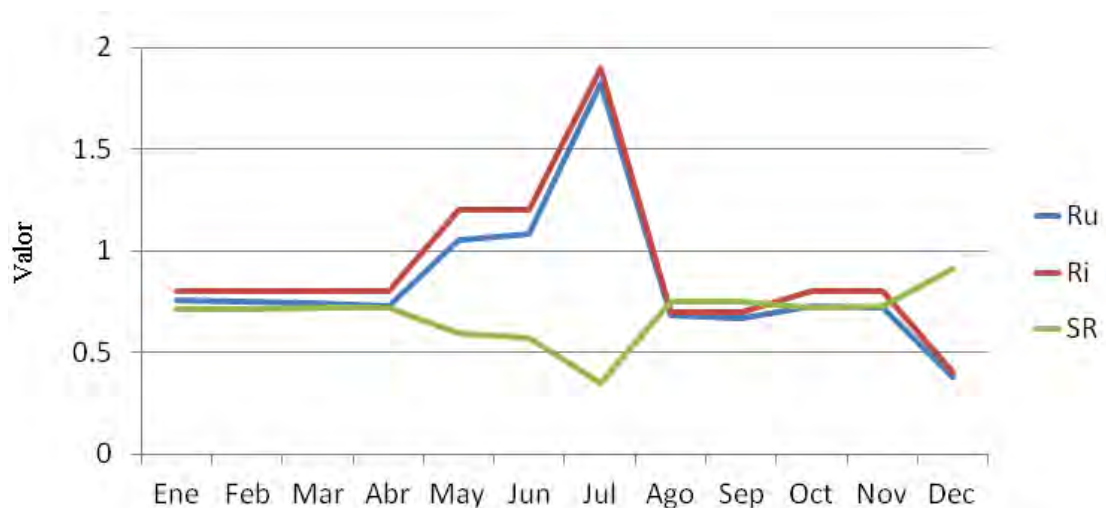
Gráfico 5.7. Parámetros de SR en alcachofa



La técnica de siembra en crucíferas se ha refinado y perfeccionado en las últimas décadas, pasando del sistema tradicional de distribución de la semilla a voleo a la siembra en semilleros o almácigos, bandejas con sustrato de turba que permiten mantener bajo control el proceso de germinación de la semilla hasta su posterior trasplante (Llanos, 1998). Previo al trasplante tienen lugar las labores preparatorias del terreno ya que coliflor y brócoli necesitan de suelos sueltos, por ello en el mes de julio se da una pasada con el chisel (SR = 0,35) y se abona en profundidad con cultivador (SR = 0,75). Tras la siembra y la desinfección, labores que también se efectúan en julio, se procede al aclareo y a la eliminación mediante herbicidas de las malas hierbas. Las labores secundarias con aperos de remoción superficial como el cultivador se ejecutan en el mes de agosto con el fin de formar los surcos para el riego (SR = 0,75).

La época de la cosecha depende, según Japón (1983) del ciclo vegetativo de la variedad cultivada y de las exigencias del mercado, aunque en La Rioja coliflor y brócoli se suelen recolectar entre noviembre y diciembre ($SR = 0,73$). En el caso de la coliflor el proceso de recolección debe ser manual, tal y como indica el Reglamento de la Indicación Geográfica Protegida Coliflor de Calahorra (Orden 4/2003, de 3 de marzo). Finalizado este periodo, se procede a la eliminación del material vegetal sobrante mediante desbrozadoras o escardadoras que incorporan dichos restos al suelo para prepararlo y nutrirlo antes de la siembra de liliáceas (cebolla) o solanáceas (pimiento, tomate o patata), familias de plantas más indicadas para la rotación con brasicáceas. El valor máximo de SR (0,91) se registra en estos dos meses en los que el suelo presenta una rugosidad ínfima ($Ri = 0,4$ pulgadas).

Gráfico 5.8. Parámetros de SR en coliflor y brócoli

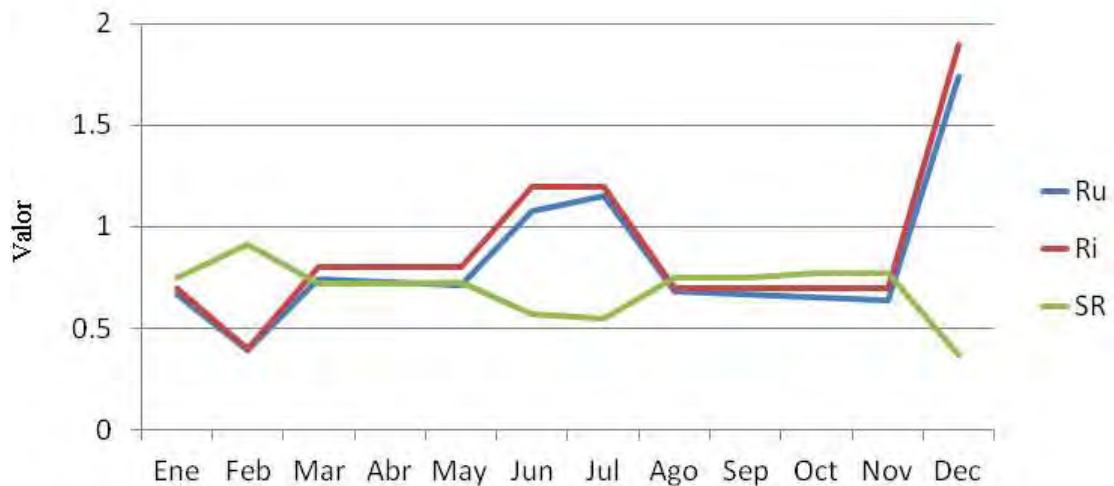


C) Subfactor SR en hortalizas leguminosas

Según la Normativa Específica de Producción Integrada en Guisante Verde, el guisante se siembra como alternativa tras un año de cereal en ciclos de rotación trianuales (Rodríguez Santolaya *et al*, 2009). Las labores de preparación del terreno requieren de tareas no muy profundas para preparar la cama de siembra y mullir el suelo. Para ello, en el mes de diciembre, se llevan a cabo una o dos labores de chisel curvo o arado de vertedera, que penetran y remueven el suelo a una profundidad de 15-20 cm ($SR = 0,37$). Las siguientes labores previas a la fecha de siembra consisten en pases superficiales con cultivador para desmenuzar el suelo y dejarlo sin terrones ($SR = 0,75$).

La siembra tiene lugar a finales de invierno o principios de primavera, empleando sembradoras a chorrillo que distribuyen la semilla equitativamente mediante órganos dosificadores (SR = 0,91). La recolección se realiza a finales de primavera, principalmente en el mes de junio, mediante cosechadoras-peinadoras de alta capacidad que separan el grano de la vaina dentro del tambor de trilla y lo almacenan en tolvas con capacidad para 2.500 kg que pueden vaciarse sin detener el trabajo de la cosechadora (Gracia, 2003). Finalizada la cosecha y eliminado el material vegetal en la siega, se da un pase con grada para desmenuzar los restos y preparar el lecho de siembra para la entrada en producción de otro cultivo (SR = 0,57).

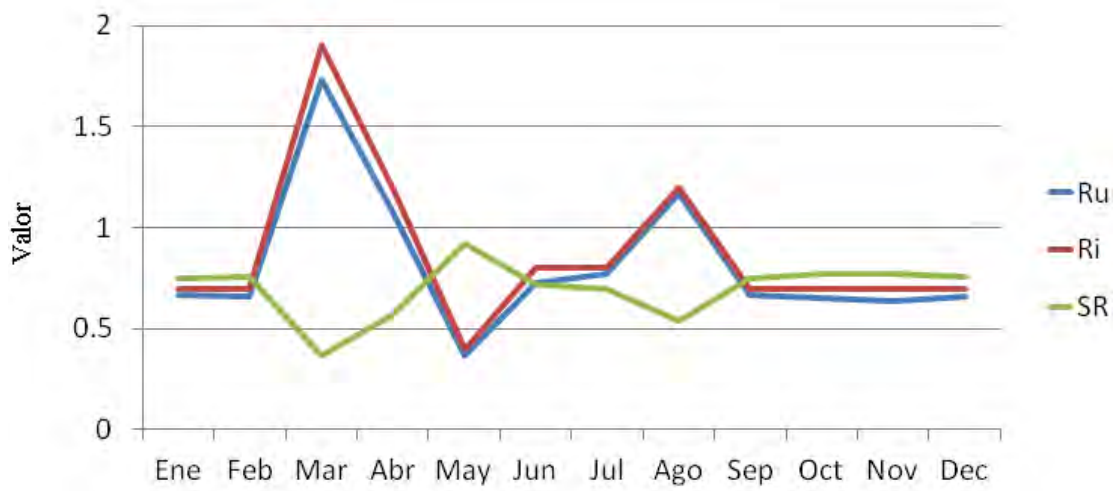
Gráfico 5.9. Parámetros de SR en guisante verde



En el caso de la judía verde, las labores preparatorias del terreno se inician en marzo utilizando aperos como el arado hexadisco, el subsolador o el arado de vertedera, que trabajan en profundidad volteando el suelo para favorecer su aireación y el drenaje (SR = 0,37). Al mes siguiente se dan varios pases de grada de discos o cultivador para preparar la cama de siembra y desmenuzar el terreno, siendo también frecuente el despedregado con rodillo y remolque basculante para nivelar el suelo y facilitar el trabajo de las sembradoras (SR = 0,57). A finales de primavera o principios de verano se inician los tratamientos químicos para eliminar las malas hierbas y la aplicación de enmiendas para, inmediatamente después, proceder a la siembra con sembradoras (SR = 0.92).

La época de recolección tiene lugar cuando las vainas han alcanzado un tamaño entre 20-22 cm (Giambanco, 1998), normalmente en el mes de agosto (SR = 0,70), utilizando para ello cosechadoras con peinadores frontales que recogen las vainas. Finalizada la cosecha se alza el terreno con grada de discos para pulverizarlo y enterrar los residuos vegetales antes de la próxima siembra (SR = 0,54).

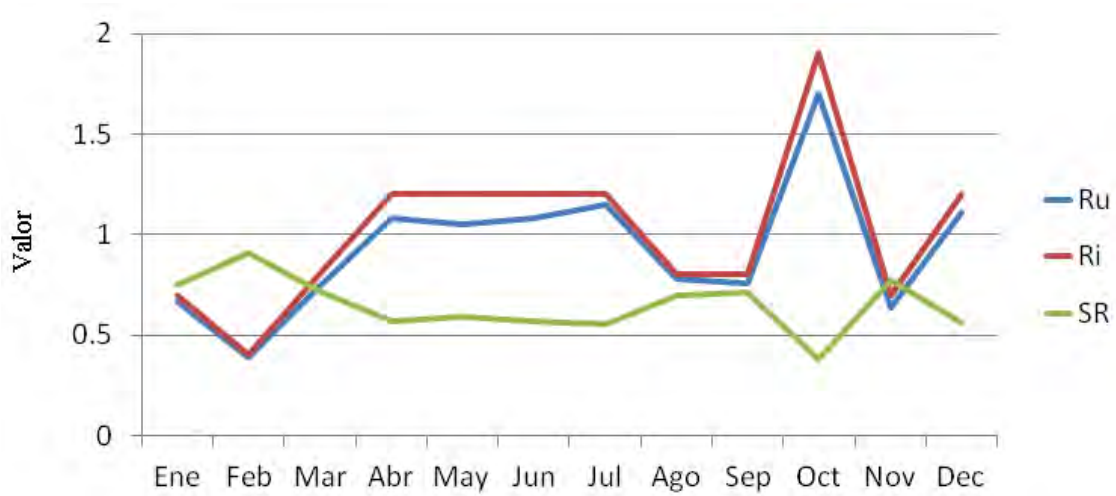
Gráfico 5.10. Parámetros de SR en judía verde



Las habas de secano suelen sembrarse tras el cereal (Guerrero, 1990), de manera que dos meses antes de la sementera ha de efectuarse una alzada del rastrojo con arado de vertedera y varias labores superficiales con grada de discos para dejar la superficie lo más llana y suelta posible (SR = 0,56). En habas de regadío, tras darse las mismas labores se prepara la cama de siembra con aporcadora para formar caballones sobre los que las sembradoras distribuyen equitativamente la semilla (SR = 0,72).

Febrero y marzo suelen ser los meses habituales de siembra (SR = 0,91), pudiendo recolectarse las primeras vainas 60 días después. Mientras las plantitas crecen, el suelo se mantiene limpio de maleza con herbicidas o mediante escarda manual, pudiendo darse un pase de grada ligera para deshacer la costra superficial (SR = 0,72). La cosecha, normalmente mecanizada, viene determinada por el grado de desarrollo vegetativo y la finalidad del cultivo (haba de verdeo o de grano seco), siendo la fecha de inicio habitual a finales de abril, pudiendo prolongarse hasta finales de mayo (SR = 0,58). Tras la recolección los restos vegetales se incorporan al suelo con una labor de grada (SR = 0,57).

Gráfico 5.11. Parámetros de SR en haba

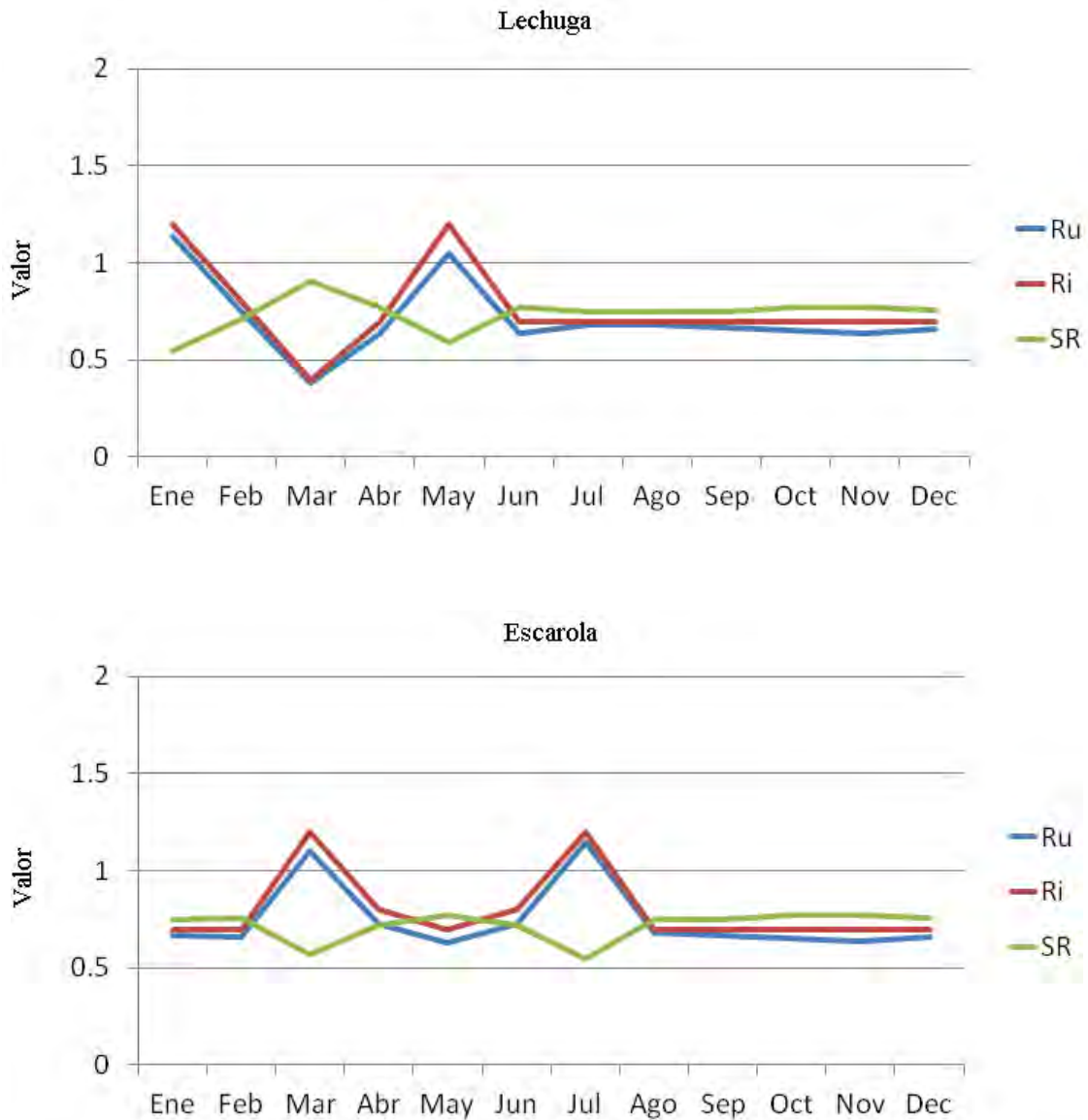


D) Subfactor SR en hortalizas de hoja

Las hortalizas de hoja requieren de suelos sueltos y mullidos para vegetar correctamente, por ello es fundamental la preparación del terreno en profundidad con arado de vertedera a la vez que se incorpora el estiércol, así como dar una segunda labor con grada para refinar y nivelar el suelo. En lechugas y escarolas de primavera estos trabajos se inician en enero (SR = 0,55), mientras que en las variedades de verano tiene lugar dos meses más tarde (SR = 0,57). Los tratamientos fitosanitarios y el abonado de cobertera se aplican con grada de discos dos meses después de la labor profunda, para, a continuación, proceder con la siembra de la semilla o el transplante de las plántulas, ambas labores altamente mecanizadas. En variedades de verano se da un pase de cultivador entre líneas el mismo mes de la siembra (SR = 0,77). Sin embargo, en variedades de primavera es habitual hacerlo al mes siguiente (SR = 0,77).

La recolección se realiza de forma manual, en mayo y julio, cuando la planta no ha adquirido su máximo desarrollo y las hojas están tiernas (Japón, 1977). La base de la planta que ha quedado en superficie tras el corte del cogollo se incorpora al suelo con varias labores con grada de discos (SR = 0,59 en variedades de verano y SR = 0,55 en variedades de primavera).

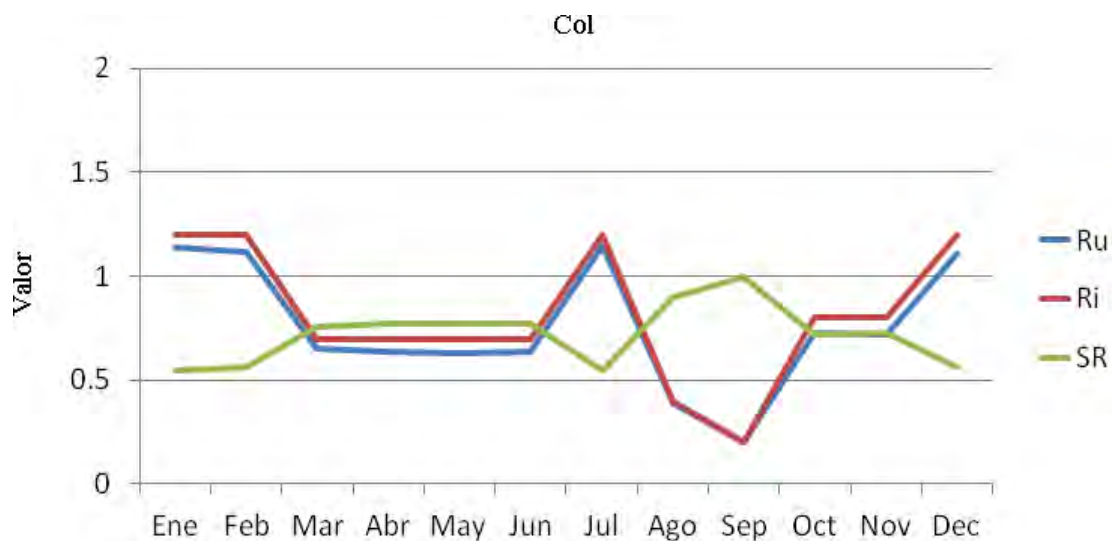
Gráfico 5.12. Parámetros de SR en lechuga y escarola

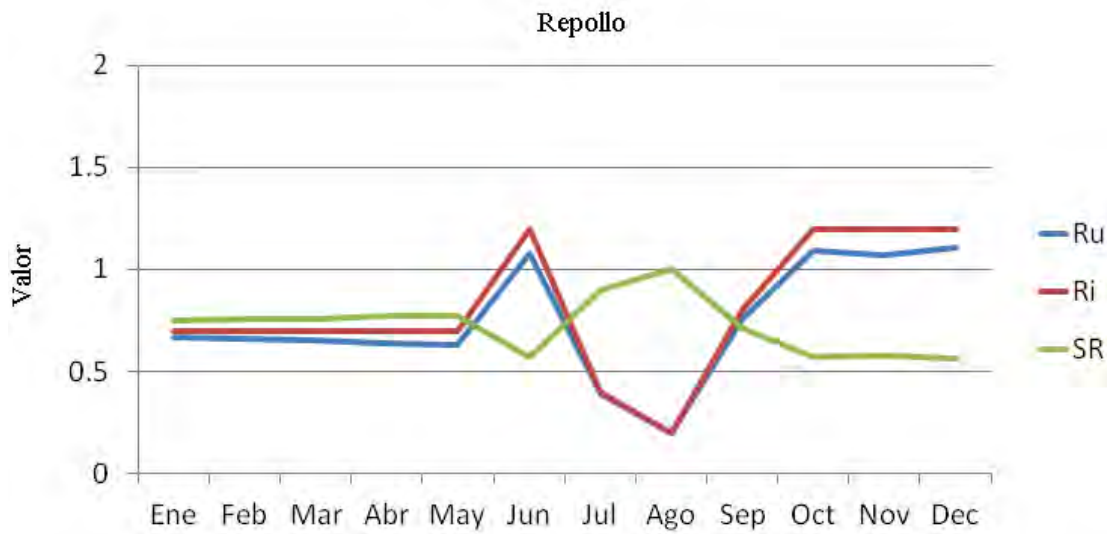


Un mes antes de la siembra directa (col) o el transplante (repollo), se inician las labores preparatorias con un laboreo profundo con arado de disco o vertedera para alzar el terreno y enterrar los rastrojos, a la vez que se incorpora el abono de cobertera (SR = 0,55 en col y SR = 0,57 en repollo). Posteriormente se dan dos pases de grada para desmenuzar el terreno y dejarlo libre de hierbas adventicias antes de formar los caballones con aporcadora el mes siguiente (SR = 0,70). En los últimos años las operaciones de siembra se realizan mediante maquinaria, empleando sembradoras a chorrillo para la siembra de la col en agosto (SR =

0,90), y transplantadoras para el transplante de las plántulas de repollo en julio (SR = 0,90). En los meses siguientes se acometen las labores complementarias de mantenimiento con escarda manual para eliminar la maleza y pases de rodillo para compactar el terreno y romper los terrones (SR = 1). La temporada de recolección de la col suele comenzar 90 días después de la siembra, en diciembre, pudiendo prolongarse hasta febrero (SR = 0,55). Por su parte el repollo puede cosecharse entre 60 y 80 días después del transplante de las plántulas, recolectándose los primeros frutos en octubre y los últimos en febrero (SR = 0,57). Para no dañar las hortalizas, la cosecha se realiza de forma manual, aunque pueden emplearse cintas correderas que conducen el producto hasta el punto de almacenado. Los restos vegetales (cuellos y hojas) que quedan en la parcela son incorporados al suelo con una labor final de grada de discos (SR = 0,56).

Gráfico 5.13. Parámetros de SR en col y repollo



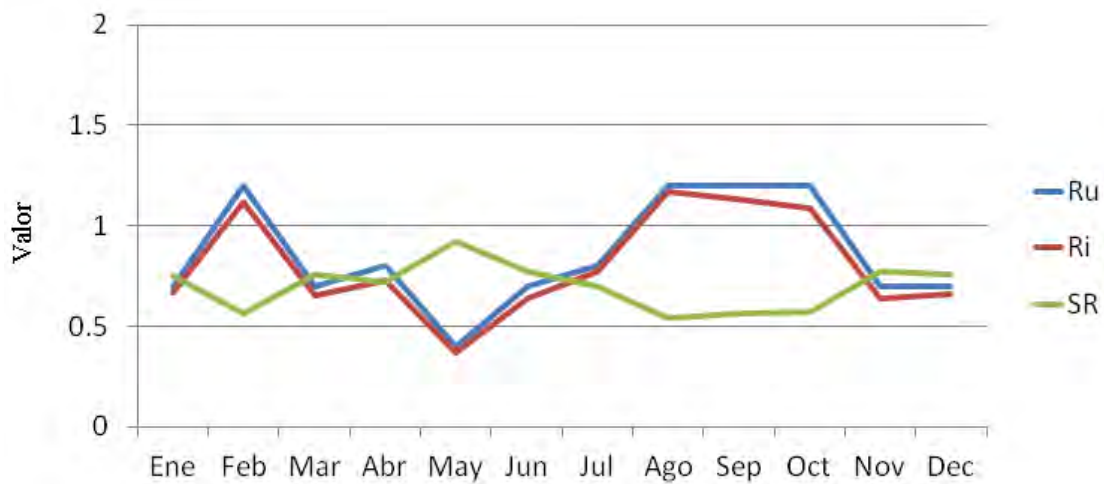


E) Subfactor SR en hortalizas de fruto

La primera labor para el cultivo del tomate, a finales de invierno, exige un trabajo profundo con arado tetradisco o arado de vertedera a la vez que se incorpora el abono (SR = 0,56). En los siguientes meses previos a la siembra se acometen las labores secundarias para eliminar los restos del cultivo anterior y desterronar el suelo con grada o cultivador (SR = 0,76), aplicar un abonado de fondo con cultivador (SR = 0,76), alisar el lecho de siembra con un pase de rodillo (SR = 1) y formar los caballones con aporcadora (SR = 0,72). En el tomate de mata baja en régimen extensivo se aconseja una siembra de semillas con sembradoras de disco giratorio, puesto que resulta más rentable y rápido que el transplante mecanizado. Tras la siembra, que suele ser en el mes de mayo (SR = 0,92), tienen lugar las labores complementarias de mantenimiento con una pasada de cultivador en junio para airear el suelo, eliminar la vegetación adventicia, incorporar el fertilizante y aplicar los tratamientos fitosanitarios contra plagas y enfermedades (SR = 0,77).

Según Llanos (1998), la recolección mecánica es más agresiva con el fruto que la recolección manual, pero también es la opción más empleada en los últimos años por su rentabilidad (Ruiz Altisent y Rodríguez del Rincón, 1995). A partir de julio empiezan a recolectarse los primeros tomates (SR = 0,54), pudiendo prolongarse la temporada de cosecha hasta octubre, momento en el que se arranca la planta y se alza el terreno con grada de discos (SR = 0,57).

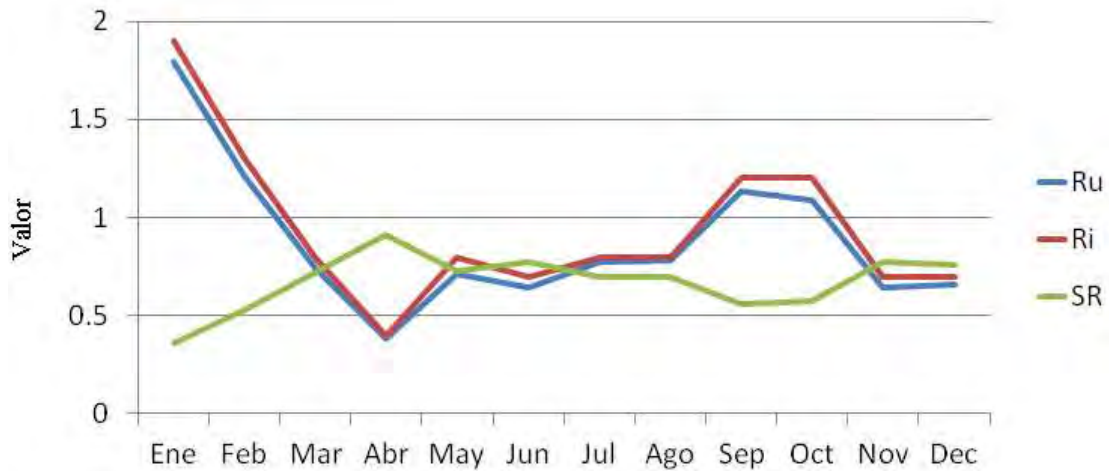
Gráfico 5.14. Parámetros de SR en tomate



Respecto al pimiento, las labores de fondo comienzan en enero con el volteo profundo del terreno mediante aperos de vertedera o chisel, que entierran los restos vegetales de la cosecha anterior e incorporan las enmiendas orgánicas (SR = 0,36). Los trabajos más importantes se ejecutan a principios de primavera, con el desmenuzado del suelo con cultivador o grada (SR = 0,76), el refinado con rulo liso (SR = 1) y la formación de las camas de siembra con aporcadora (SR = 0,72). La fecha de siembra o transplante tiene lugar en abril (SR = 0,91), permaneciendo la superficie de suelo imperturbable (SR = 0,73) hasta principios de verano, cuando se da una pasada con cultivador y se eliminan las hierbas adventicias mediante escarda manual (SR = 0,77).

La temporada de recolección se inicia a finales de julio (SR = 0,55), pudiendo prolongarse hasta mediados de octubre (SR = 0,56) y, dado que el pimiento extensivo está altamente mecanizado, se recolecta con cosechadoras de judía verde modificadas con peinadores frontales provistos de dedos que recogen los frutos, o con cosechadoras de doble hélice (Jarén *et al*, 2004). Una vez finalizada la recolección se procede al alzado del terreno con grada de discos en los meses de agosto o septiembre (SR = 0,57).

Gráfico 5.15. Parámetros de SR en pimiento

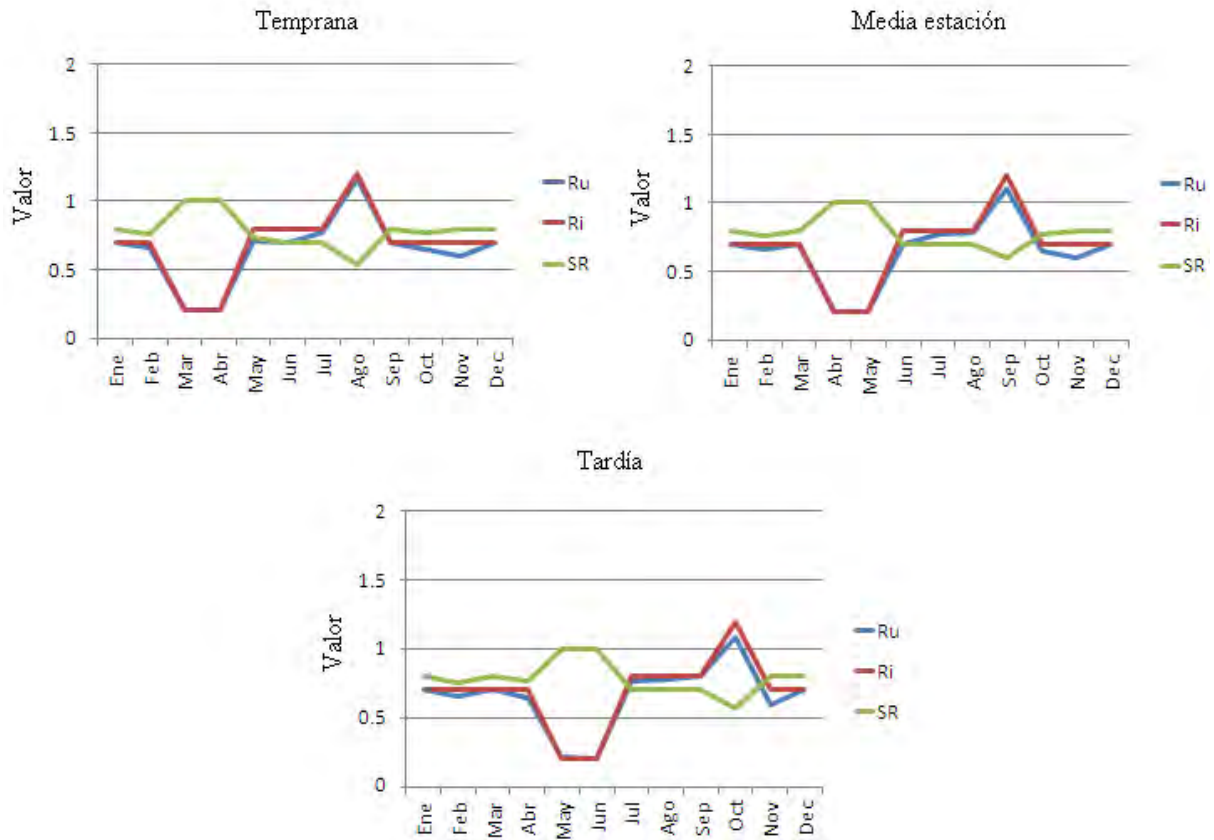


F) Subfactor SR en raíces y tubérculos

Uno o dos meses antes de la siembra de la zanahoria, normalmente a finales de invierno, se da una labor profunda vertical con arado de vertedera para enterrar los restos vegetales de la cosecha anterior e incorporar el estiércol (SR = 0,37), seguido de una labor superficial con cultivador para mullir el lecho de siembra (SR = 0,75). El calendario de producción es muy amplio, dependiendo las fechas de siembra de la variedad de zanahoria elegida, siendo habitual febrero-marzo para las tempranas (SR = 0,91), abril-mayo para las de media estación (SR = 0,91) y mayo-junio para las tardías (SR = 0,92).

La siembra puede realizarse de forma manual o con sembradora de precisión a chorrillo, efectuándose posteriormente un pase de rodillo para alisar la superficie sembrada (SR = 1). En los meses de desarrollo del cultivo es importante eliminar de forma manual las hierbas adventicias que compiten por los nutrientes, pudiéndose efectuar una labor con cultivador entre líneas. Las primeras zanahorias pueden recolectarse entre 90 y 100 días después de la siembra de forma manual (SR = 0,70) o mecánica con cosechadoras provistas de discos dentados que arrancan las raíces (SR = 0,55). Tras la recolección los restos vegetales han de ser eliminados o enterrados con grada de discos (SR = 0,55).

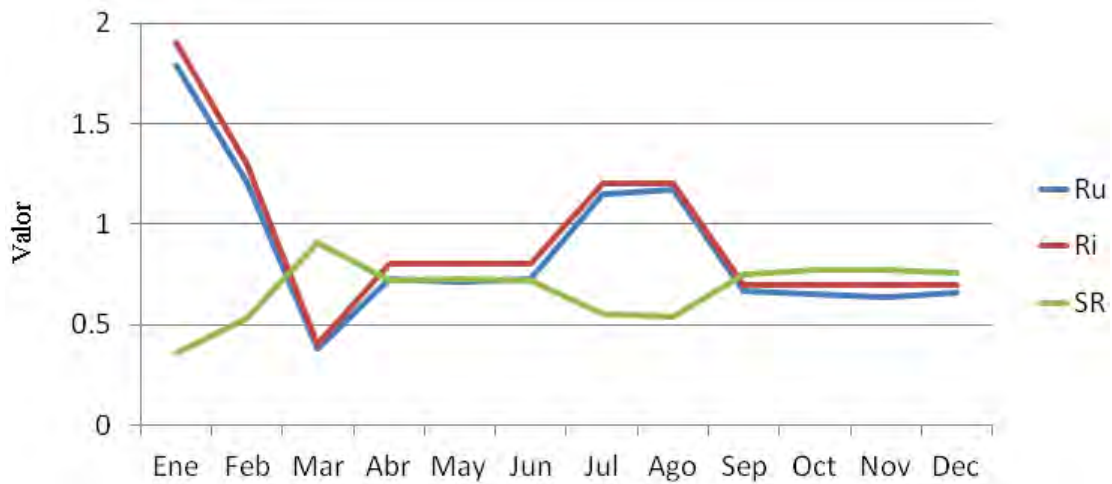
Gráfico 5.16. Parámetros de SR en zanahoria



La preparación del terreno para el cultivo de cebolla ha de hacerse entre uno y dos meses antes de la siembra o del trasplante. Las labores se inician en enero con la incorporación del estiércol y los restos de la cosecha anterior con arado de vertedera, y continúan en febrero con una labor profunda con chisel para airear el terreno y controlar la maleza (SR = 0,36). Semanas antes de la siembra se procede al abonado y a un último pase con cultivador para nivelar el terreno y formar caballones (SR = 0,76). Para que la cosecha pueda realizarse en verano, la siembra tiene lugar en marzo (SR = 0,91), bien realizada de forma directa con sembradora bien trasplantando las plantas desde semillero a los caballones. En paralelo al desarrollo de la planta de cebolla, en primavera se llevan a cabo las labores de mantenimiento complementarias con la escarda manual de las malas hierbas, el abonado y el surcado del suelo con aporcadora (SR = 0,73). La cosecha, realizada de forma mecánica con cosechadoras provistas de arrancadores, puede hacerse desde junio hasta mediados de julio (SR = 0,55).

Después de la recolección y el transporte de los bulbos se alza el terreno con grada de discos para triturar los restos vegetales antes de la próxima siembra (SR = 0,54).

Gráfico 5.17. Parámetros de SR en cebolla

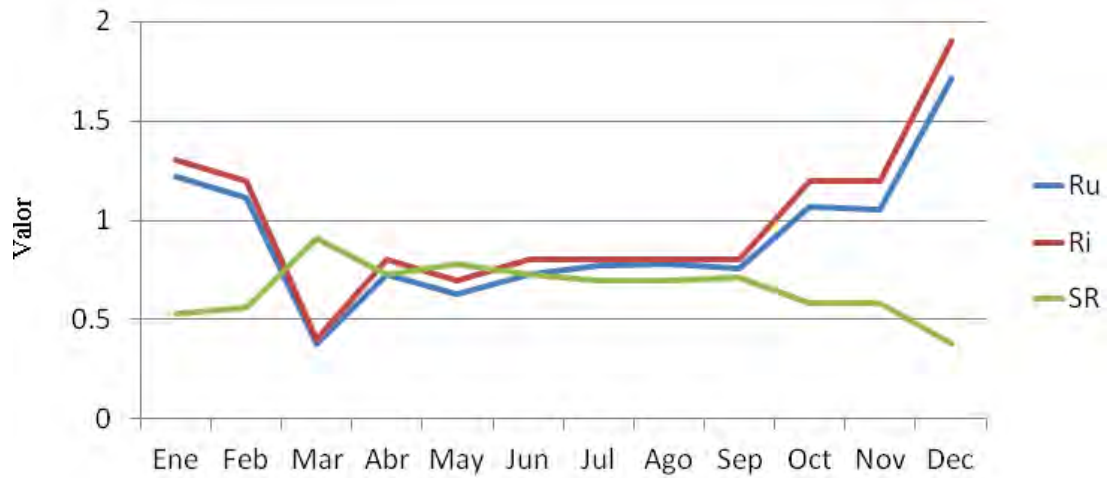


G) Subfactor SR en cultivos industriales

Entre finales de invierno y principios de primavera comienzan las labores preparatorias del terreno previas a la siembra con la utilización de gradas o arados de vertedera para enterrar los rastrojos de la cosecha anterior, normalmente cereal (Morillo, 2005), para mullir la capa arable y deshacer los terrones (SR = 0,38). No es infrecuente el uso de otros aperos de laboreo más superficial como cultivadores, gradas de discos y rulos desterronadores (Mendoza, 2013). La siembra mecánica tiene lugar entre los meses de febrero y marzo (SR = 0,91), para hacer coincidir su ciclo de desarrollo con los meses de lluvia Guerrero (1990). A lo largo de toda la primavera los suelos se mantienen limpios de malas hierbas mediante la aplicación de herbicidas o un pase de cultivador, antes de que las principales raíces de la remolacha se desarrollen (SR = 0,78).

La temporada de recolección tiene lugar a principios de invierno, en los meses de noviembre y diciembre (SR = 0,58), momento en el cual la remolacha ha alcanzado su madurez biológica y no es capaz de almacenar más azúcar (Guerrero, 1990). La extracción mecánica de la remolacha es un proceso altamente tecnificado que incluye el desfoliado, el descoronado, el arranque de la raíz, la carga y el transporte al punto de almacenamiento.

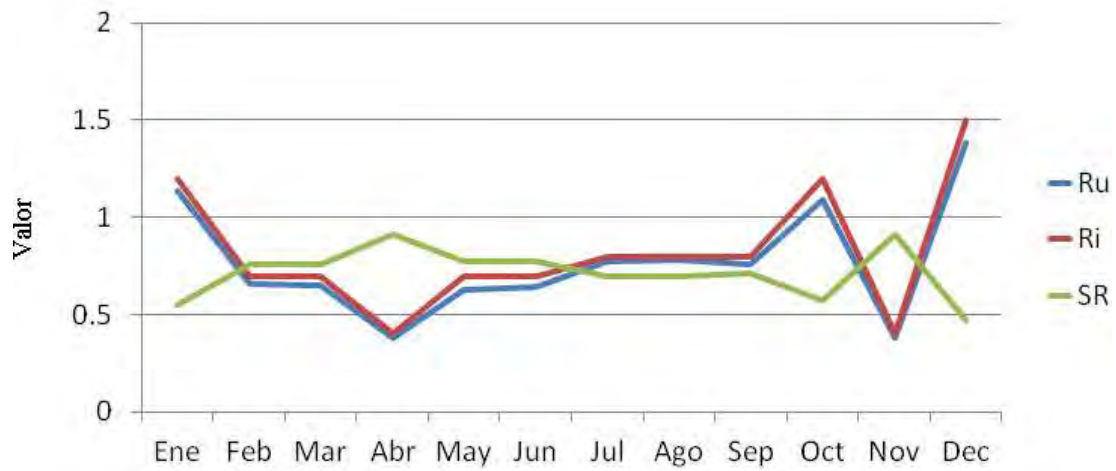
Gráfico 5.18. Parámetros de SR en remolacha azucarera



En el girasol, la labor profunda pre-siembra tiene lugar en diciembre o enero, inmediatamente después de la cosecha anterior, seguida de una o varias labores superficiales con grada de discos para eliminar la maleza y facilitar la infiltración de agua en el subsuelo (SR = 0,55). El suelo permanece desnudo buena parte del invierno (SR = 0,76) hasta que en abril se da un nuevo pase con grada (SR = 0,57) y se siembra la simiente con sembradoras de cereal adaptadas que entierran la semilla a la profundidad necesaria para asegurar el correcto desarrollo del sistema radicular de la planta (SR = 0,91). La última de las labores superficiales hasta la cosecha se da en junio, una vez nacidas las plantas, con una vuelta de cultivador para marcar los surcos procurando no dañar los tallos y raicillas (SR = 0,77).

La recolección se realiza entre finales de verano y principios de otoño, cuando el girasol ha alcanzado la madurez fisiológica, utilizando cosechadoras de cereal adaptadas que recolectan los capítulos y buena parte del tallo (SR = 0,57). El resto de la planta permanece en superficie hasta que, en los meses siguientes, es desbrozada e incorporada al suelo con aperos de escarda (SR = 0,91). La última labor cultural tiene lugar en diciembre con el volteo profundo del terreno con subsolador para airear y mejorar el drenaje antes de la próxima siembra (SR = 0,47).

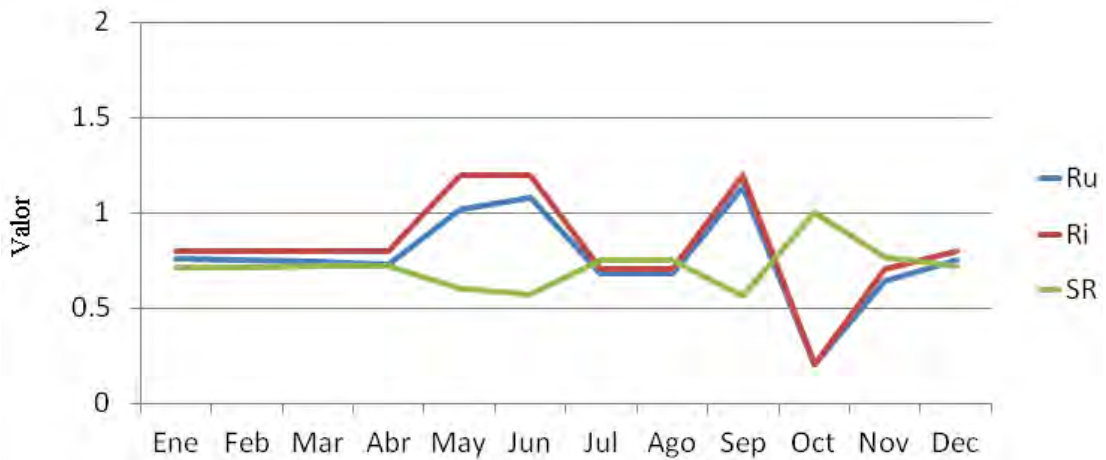
Gráfico 5.19. Parámetros de SR en girasol



En junio, después de la cosecha precedente, que suele ser de proteaginosas o cereal, se procede al alzado del suelo empleando técnicas similares a las utilizadas en cereal (Provedo y Díez, 2006), es decir, dando una serie de pasadas con arado de vertedera para mullir el terreno (SR = 0,38), una vuelta con cultivador para incorporar el abono (SR = 0,77) y una labor con grada de discos para desmenuzar la capa arable (SR = 0,47).

La siembra mecanizada de la semilla de colza tiene lugar en el mes de octubre (SR = 0,91), labor que se complementa con una pasada de rodillo para allanar la superficie y facilitar el trabajo de la maquinaria en la época de recolección (SR = 1). Durante los meses siguientes y a medida que se desarrollan las plantas las únicas labores que se efectúan son el abonado invernal y la aplicación de plaguicidas, trabajos que suponen un impacto mínimo en la rugosidad superficial (SR = 0,72). La recolección con cosechadora de cereal sin molinete, tiene lugar en mayo (SR = 0,60), para finalmente proceder al alzado del terreno con grada de discos en el mes de junio (SR = 0,57).

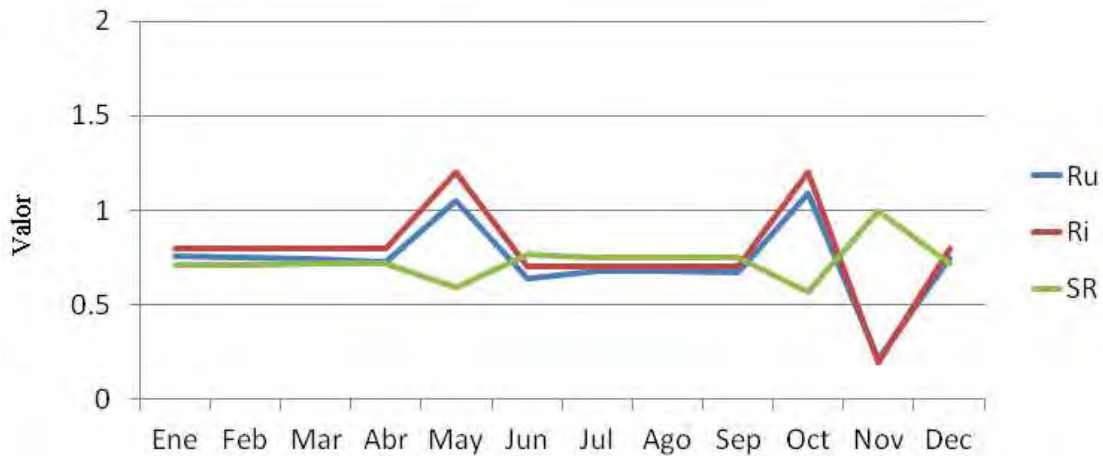
Gráfico 5.20. Parámetros de SR en colza



H) Subfactor SR en cultivos forrajeros

Los cultivos forrajeros de invierno-primavera son una alternativa muy habitual para complementar las rotaciones ya que, algunas especies como la veza, la esparceta y las gramíneas pueden actuar como abonos verdes. Antes de su cultivo es necesario alzar el rastrojo dejado por la cosecha anterior, que normalmente es de cereal, mediante el arado de vertedera. Esta labor suele comenzar a mediados de octubre y se completa con dos pases de grada de discos para desmenuzar los terrones de tierra dejados por el arado tras la labor de alzar (SR = 0,57). La siembra tiene lugar a principios de invierno, normalmente en el mes de noviembre, empleando sembradoras de cereal que suelen ir equipadas con rodillos lisos para compactar el terreno (SR = 1). En los meses siguientes se detienen las labores mecanizadas entre líneas para no perjudicar el desarrollo de las plantas (SR = 0,71), que en el caso de veza y alfalfa suele ser acelerado (Guerrero, 1990). A mediados de primavera, en abril o mayo, se inicia la temporada de siembra, que se lleva a cabo mediante segadoras provistas de cuchillas o de discos que cortan el forraje y lo depositan en superficie (SR = 0,72). A continuación el forraje es recogido y amontonado por los rastrillos hileradores que funcionan a modo de escobas formando cordones o hileras para facilitar el trabajo de la maquinaria siguiente. El cultivo permanece en la parcela hasta que se deshidrata, momento en el cual se procede a su empacado en paquetes comprimidos y su traslado al punto de almacenaje. Las labores finalizan con una pasada de grada de discos para alzar el terreno antes de sembrar el cultivo siguiente, que suele ser cereal (SR = 0,59).

Gráfico 5.21 Parámetros de SR en cultivos forrajeros



I) Subfactor SR en patata

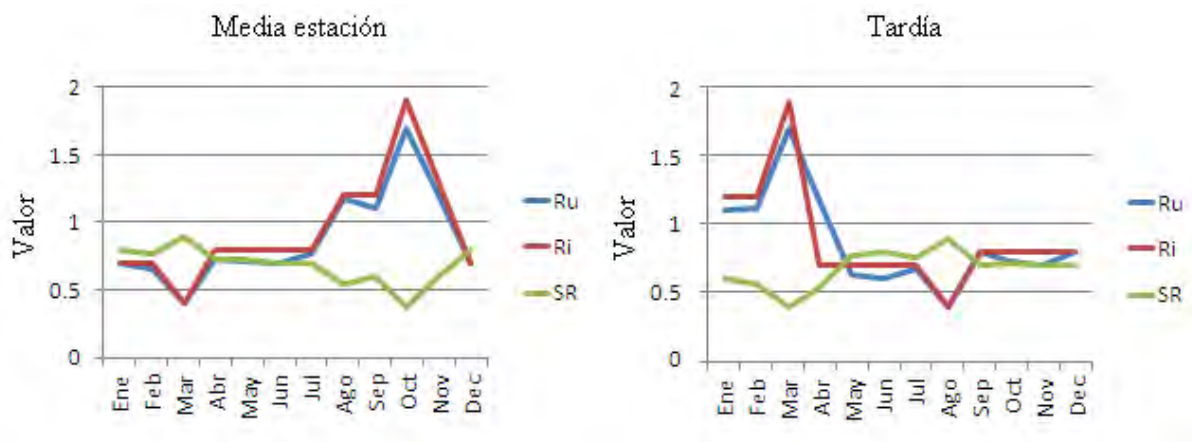
La patata es cabeza de rotación en los ciclos de cultivo, siendo un buen precedente para brassicáceas (coliflor y brócoli), liliáceas (cebolla) y hortalizas de hoja (lechuga y escarola). Meses antes de la siembra es necesario alzar el rastrojo del cultivo anterior para enterrar los restos, mejorar la estructura del suelo e incorporar los abonos y enmiendas necesarias. Puesto que el suelo permanece intacto y desnudo cuatro meses hasta la siguiente labor se utiliza el arado de vertedera, que deja el terreno alomado y facilita su aireación (SR = 0,38). Las fechas de siembra dependerán de la variedad de patata que se vaya a utilizar, siendo el mes de marzo para la patata de media estación (SR = 0,91) y el mes de agosto para la patata tardía (SR = 0,90). Antes de distribuir el material de siembra, se da una labor superficial con cultivador para distribuir los productos fitosanitarios y el abono de cobertera (SR = 0,75), y un pase final de grada rotatoria para mullir el terreno y preparar el lecho de siembra (SR = 0,91). La simiente se distribuye mediante sembradoras de pinchos que penetran en subsuelo entre 10-20 cm (Fernández Alcázar, 2012), dejando una separación entre líneas de siembra de 50-60 cm y de 40-50 cm entre plantas (Guerrero, 1990). Las labores de aporcado se realizan una vez que el tubérculo ha adquirido cierto desarrollo, normalmente en mayo para la patata de media estación (SR = 0,73), y en octubre para la patata tardía (SR = 0,72). El aporcado, ejecutado con acaballadora o aporcadora, surquea el terreno formando caballones a la vez que distribuye el abono de cobertera. En los meses siguientes previos a la cosecha las únicas labores que se acometen son el riego, los tratamientos fitosanitarios y la eliminación manual o

mecánica de las malas hierbas, trabajos que no alteran la rugosidad superficial (SR = 0,73). La temporada de cosecha tiene lugar seis meses después de la siembra, empleando cosechadoras de rejas o parrillas que rompen los caballones y extraen el tubérculo (SR = 0,56).

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que las labores primarias o preparatorias del terreno funcionan como frenos a la escorrentía. Esto se debe a que los aperos que tienen mayor capacidad de penetración en el subsuelo y suponen la alteración del total de la superficie arable presentan las tasas más elevadas de rugosidad superficial (Ri) así como los valores mínimos de SR. Como señalan Valcárcel *et al* (1999), la remoción del suelo incrementa la rugosidad del micro-relieve superficial, lo que a su vez puede incrementar la retención de la escorrentía en las pequeñas depresiones creadas por la labor.

En el otro lado se sitúan las prácticas agrícolas de mantenimiento, que implican una menor remoción del lecho de siembra y presentan las tasas de SR más elevadas. En concreto, los aperos agrícolas que aparecen asociados al valor máximo de SR (1) son el rodillo compactador y el rulo liso, cuya función consiste en desmenuzar los terrones y allanar la superficie para favorecer la germinación de la semilla. La compactación de los suelos modifica su funcionamiento hidrológico, reduce su capacidad de infiltración, incrementa la escorrentía y genera problemas de productividad agrícola (Arnáez *et al*, 2012). Además, en terrenos arcillosos esta labor presenta un serio inconveniente ya que suele generar una costra superficial, también conocida como suela de labor o pie de arado, que disminuye el espacio poroso provocando la asfixia radicular de las plantas.

Gráfico 5.22. Parámetros de SR en patata



J) Subfactor SR en viñedo

Según datos del informe sectorial de las plantaciones de viñedo recogidos en 2012 por la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE), la técnica de mantenimiento del suelo más extendida en el viñedo riojano es el laboreo mínimo (64,2%), seguida a gran distancia por la labranza tradicional (34,4%). Estos porcentajes son muy cercanos a los obtenidos a nivel nacional, donde el 66,4% de la superficie total de viñedo se encuentra bajo laboreo mínimo y el 22,8% en labranza tradicional.

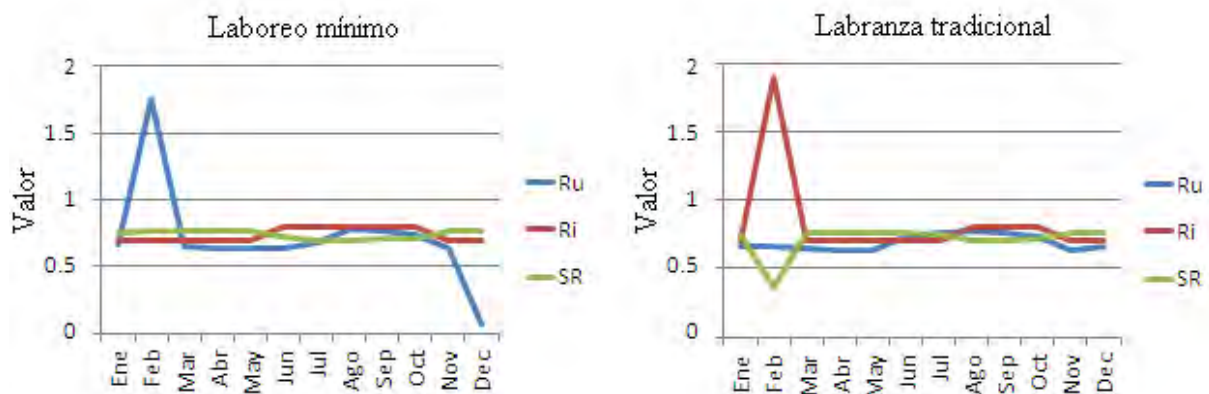
En las explotaciones que emplean el laboreo tradicional, el suelo permanece en remoción constante hasta el mes de julio. La primera operación preparatoria se realiza a finales de invierno o principios de primavera, cuando la vid despierta de su letargo invernal, utilizando aperos de acción profunda como arados de vertedera o chisel, que entierran la maleza generada por la vendimia anterior a la vez que distribuyen el abono (SR = 0,37). Las siguientes labores, ejecutadas a lo largo de la primavera, consisten en sucesivas pasadas con cultivador intercepas, un apero que trabaja la capa arable más superficial para desmenuzar y mullir el suelo (SR = 0,76). Los diferentes tratamientos fitosanitarios y herbicidas se aplican a la salida del invierno hasta principios de primavera (SR = 0,75), en el periodo estival (SR = 0,70) y en el mes de diciembre (SR = 0,76).

En explotaciones que optan por la técnica del laboreo mínimo, las operaciones agrícolas se reducen al mínimo imprescindible, con una o dos pasadas de cultivador en invierno (SR = 0,77), complementando su acción con el empleo de herbicidas para eliminar las hierbas adventicias que brotan a lo largo del ciclo agrícola (SR = 0,76).

Antes de la vendimia, normalmente a principios de verano, se llevan a cabo labores culturales de menor impacto como el aclareo de racimos, el despunte y el despampanado para controlar el vigor de la masa foliar y regular la calidad del fruto (SR = 0,70). La vendimia, que tiene lugar entre septiembre y octubre, está cada vez más mecanizada, sobre todo en la comarca de Rioja Baja, donde predominan las explotaciones de alta densidad conducidas en espaldera. Las vendimiadoras mecánicas están provistas de batidores que desgranar los racimos y hacen caer la uva en alfombras retráctiles que las almacenan en grandes tolvas. Por el contrario, la vendimia manual, que permite una selección detallada de los racimos, es el método de recolección preferido para la vid en vaso, el sistema de conducción tradicional y más extendido en la comarca de Rioja Alta. En ambos sistemas de vendimia la perturbación

del suelo es mínima, ya que solo se trabaja en el dosel de las cepas ($SR = 0,72$), siendo las rodadas de la maquinaria el único factor de perturbación de la rugosidad superficial al compactar los primeros centímetros del suelo (Arnáez *et al*, 2012).

Gráfico 5.23. Parámetros de SR en viñedo



En lo referente a la fruticultura, la práctica más extendida en los frutales riojanos es el laboreo mínimo (38,97% del total de la superficie), técnica que, además de ofrecer buenos rendimientos agrícolas, es considerada por los defensores de la agricultura de conservación como un método adecuado para mantener la estructura del suelo, conservar la humedad y el contenido en nutrientes, y reducir las tasas de erosión. En este sistema se prescinde de toda labor profunda, utilizando en su lugar aperos de labranza superficial, como vibrocultores, cultivadores superficiales o gradas de púas, con los que se da el menor número de labores anuales posible.

Las cubiertas vegetales es el segundo sistema más empleado en la región (26,85% del total de la superficie agrícola) y el más extendido en frutales de pepita y de hueso. En este modelo, el suelo del centro de las calles se mantiene cubierto gran parte del año con vegetación espontánea o sembrada, normalmente gramíneas. Estas hierbas adventicias son eliminadas en primavera de forma mecánica con azada, escardadora o desbrozadora antes de que empiecen a competir con los árboles por el agua almacenada en el suelo. Este sistema es un modelo muy eficiente para garantizar la sostenibilidad de la agricultura, reducir la escorrentía y proteger el suelo contra la erosión, según confirman los resultados obtenidos por González Sánchez *et al* (2007), Cárceles *et al* (2009) y Durán *et al* (2012), entre otros.

El sistema de labranza tradicional se basa en el laboreo continuo con aperos de acción vertical como arados de vertedera, gradas de discos, subsoladores y chiseles, que penetran en profundidad en el suelo, volteándolo para airearlo y para favorecer la infiltración del agua de lluvia. Según datos de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) de 2011, el laboreo tradicional es el tercer sistema más utilizado en la región (14,7%). Este sistema de manejo del suelo cada vez tiene menos adeptos ya que el empleo de la maquinaria agrícola tiene un alto coste, disminuye el contenido de materia orgánica y agua del suelo, provoca daños en el sistema radicular de los frutales y, al mantener el suelo desnudo buena parte del año, es el que más favorece los procesos de erosión.

El método de no laboreo se caracteriza por la ausencia total de labores mecánicas en el suelo empleando los herbicidas como única medida de mantenimiento de la superficie arable y eliminación de las malas hierbas. Esta técnica tiene poca aceptación entre los fruticultores, siendo utilizada tan solo en el 4,15% de las explotaciones de frutal, porcentaje que se encuentra por debajo del que representan los cultivos que no reciben ninguna medida de control (14,1%).

K) Subfactor SR en frutales de fruto seco

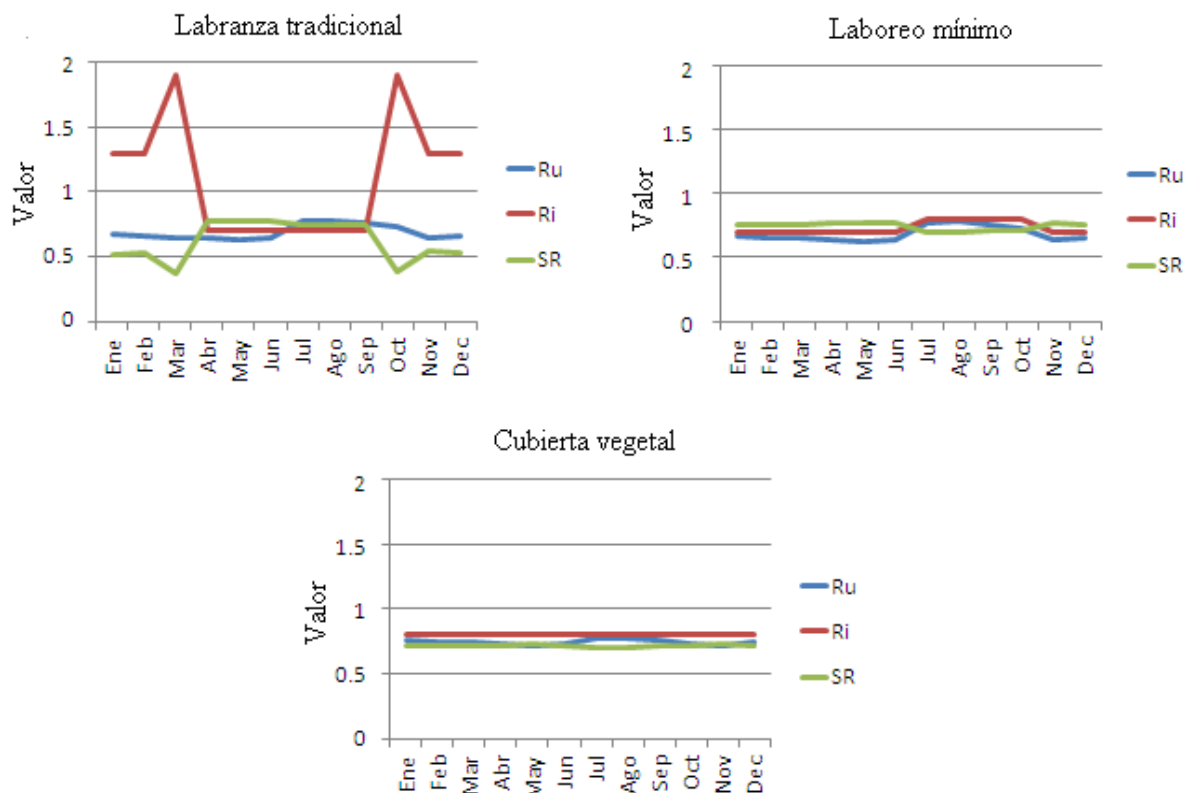
El sistema más utilizado en frutales de fruto seco es el laboreo mínimo (44,78%), seguido de las cubiertas vegetales (17,7%), el laboreo tradicional (16,6%) y el no laboreo (3,2%). En cualquier caso, el 16,3% de las explotaciones se encuentra en estado de abandono, cubiertas de malas hierbas a lo largo de todo el año. Por lo general se trata de parcelas situadas sobre suelos marginales o de difícil acceso que hacen inviable cualquier práctica agrícola mecanizada.

Las operaciones que se llevan a cabo en los sistemas de labranza mínima y tradicional son prácticamente las mismas, a excepción de las labores primarias o de acción profunda, que son características del segundo sistema. La fecha de inicio de las labores primarias suele ser finales de otoño o invierno, cuando se dan una o dos vueltas con arado de vertedera, chisel o grada de discos para incorporar el abono al suelo y eliminar las malas hierbas (SR = 0,38). Entre los meses de marzo y abril, cuando tiene lugar la floración, no es infrecuente efectuar una segunda labor profunda (SR = 0,37). Es a partir de primavera cuando comienzan las labores de control de las malas hierbas, con la aplicación de herbicidas (SR = 0,78), y la

prevención de plagas y enfermedades mediante tratamientos fitosanitarios ($SR = 0,76$). Los trabajos de mantenimiento con aperos de laboreo superficial, compartidos por ambos sistemas, se inician en abril y continúan en junio con varias pasadas de cultivador para eliminar la vegetación natural y mullir el suelo ($SR = 0,77$).

El sistema de cubiertas vegetales es el más utilizado en almendros y nogales en régimen de regadío. Por lo general se trata de especies rústicas de crecimiento espontáneo que crecen entre las hileras de árboles de la parcela, siendo eliminadas únicamente, y de forma manual, las que brotan bajo el dosel arbóreo. Una vez que las hierbas han alcanzado cierto desarrollo, y antes de que entren en competencia por los recursos hídricos, suele efectuarse un desbroce manual selectivo dejando en superficie los restos vegetales para mitigar la evaporación. El valor promedio anual de SR se ha estimado en 0,72.

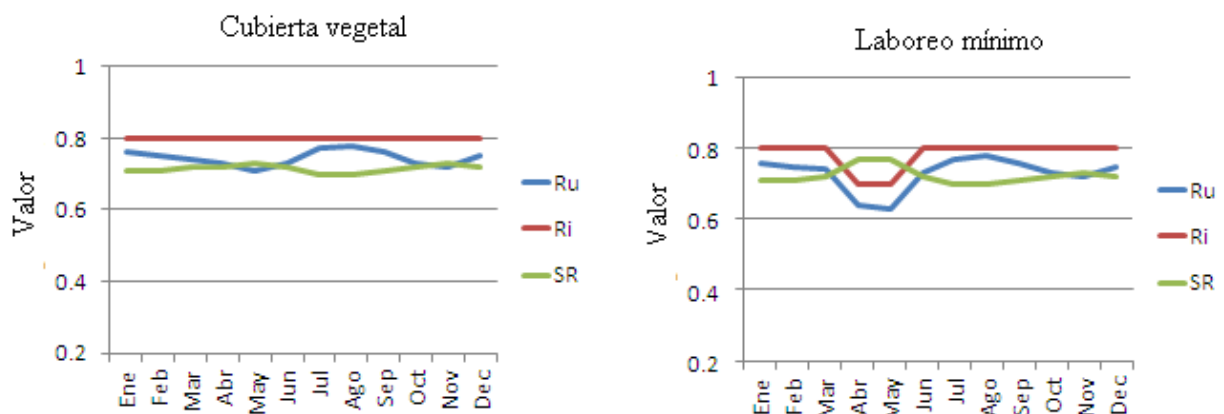
Gráfico 5.24. Parámetros de SR en frutales de fruto seco



L) Subfactor SR en frutales de pepita

Las cubiertas vegetales de crecimiento espontáneo son el sistema de gestión de suelos más utilizado en frutales de pepita (81,9%), seguido a gran distancia por el laboreo mínimo (5%) y la labranza tradicional (2,6%). En el 6,7% de las explotaciones de peral y manzano no se realiza ningún tipo de mantenimiento ya que, por lo general, se trata de plantaciones abandonadas. En el sistema de cubiertas vegetales no se realiza ninguna labor de remoción del suelo entre líneas, permaneciendo éste cubierto la mayor parte del año. Únicamente antes de la floración o durante el periodo estival se procede al segado de la maleza que protege las calles de la parcela mediante aperos de escarda manual. El residuo vegetal no es eliminado ni incorporado y permanece en superficie para aportar, con su degradación, materia orgánica al suelo. El factor SR promedio anual se ha estimado en 0,72 en ambos casos (cubierta vegetal y laboreo mínimo).

Gráfico 5.25. Parámetros de SR en frutales de pepita



M) Subfactor SR en frutales de hueso

Al igual que en los frutales de pepita, las cubiertas vegetales son el sistema de mantenimiento más utilizado en frutales de hueso (52,9%), seguido del laboreo mínimo (21,7%), el laboreo tradicional (9,5%) y el no laboreo (10,3%). Puesto que las prácticas agrícolas llevadas a cabo en cubiertas vegetales siguen un cronograma idéntico al mencionado en la situación anterior, los valores promedio anuales del subfactor SR se estiman en 0,72

para melocotonero y nectarino, cerezo y guindo y ciruelo. Por el contrario los calendarios de tareas agrícolas en régimen de laboreo mínimo siguen un patrón diferente e individualizado. Así en melocotonero y nectarino, por tratarse de especies muy resistentes y rústicas, las operaciones de mantenimiento se reducen a un pase de cultivador en primavera para romper la costra superficial formada tras las lluvias (SR = 0,78) y la aplicación de herbicidas tras la floración para eliminar la maleza (SR = 0,76). Por otra parte, los trabajos en las explotaciones de cerezo, guindo y ciruelo son algo más detallados, comenzando con una pasada de grada ligera a finales de invierno para mullir el suelo (SR = 0,71 en cerezo y guindo y SR = 0,72 en ciruelo), una escarda manual o la aplicación de herbicidas en primavera (SR = 0,72) y una última labor superficial con grada ligera tras la cosecha, que en cerezo y guindo suele finalizar en junio (SR = 0,70) y en ciruelo en septiembre (SR = 0,71).

Gráfico 5.26. Parámetros de SR en frutales de hueso con cubierta vegetal

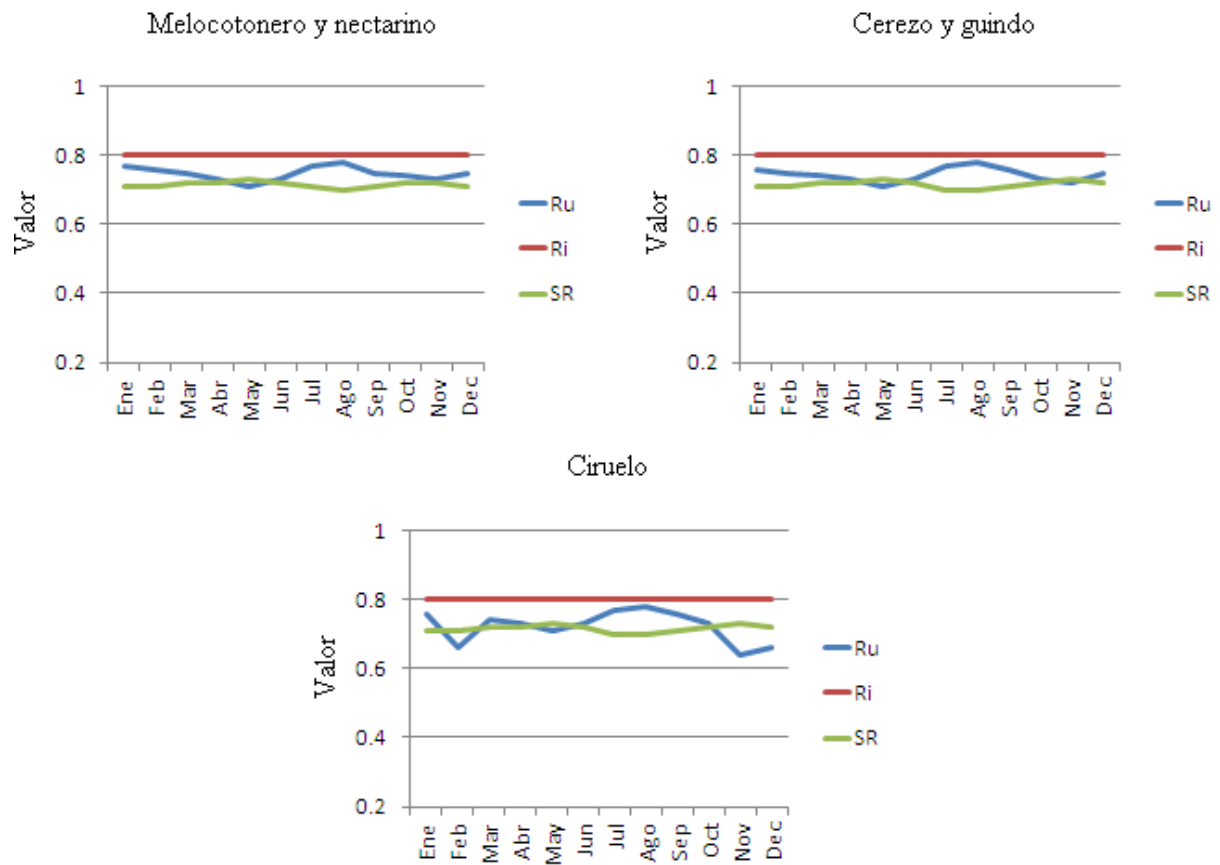
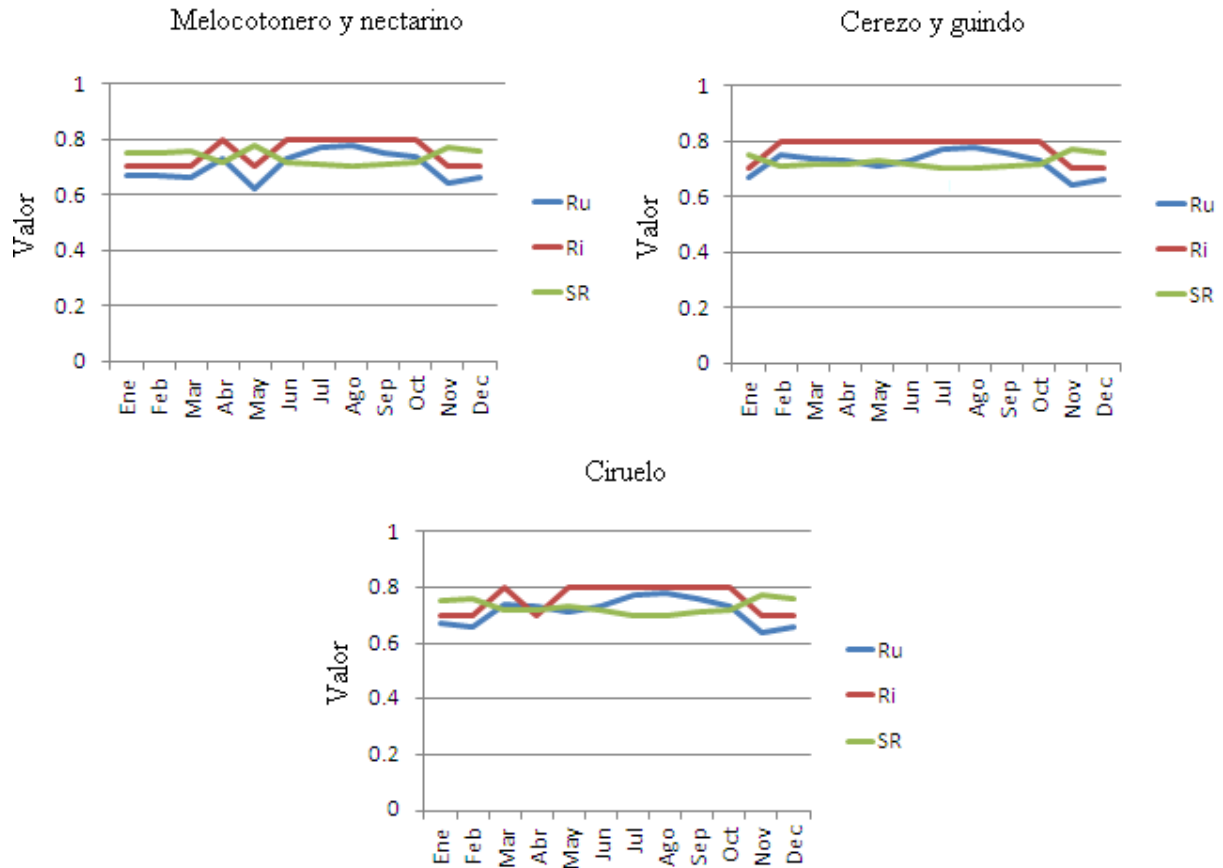


Gráfico 5.27. Parámetros de SR en frutales de hueso en laboreo mínimo



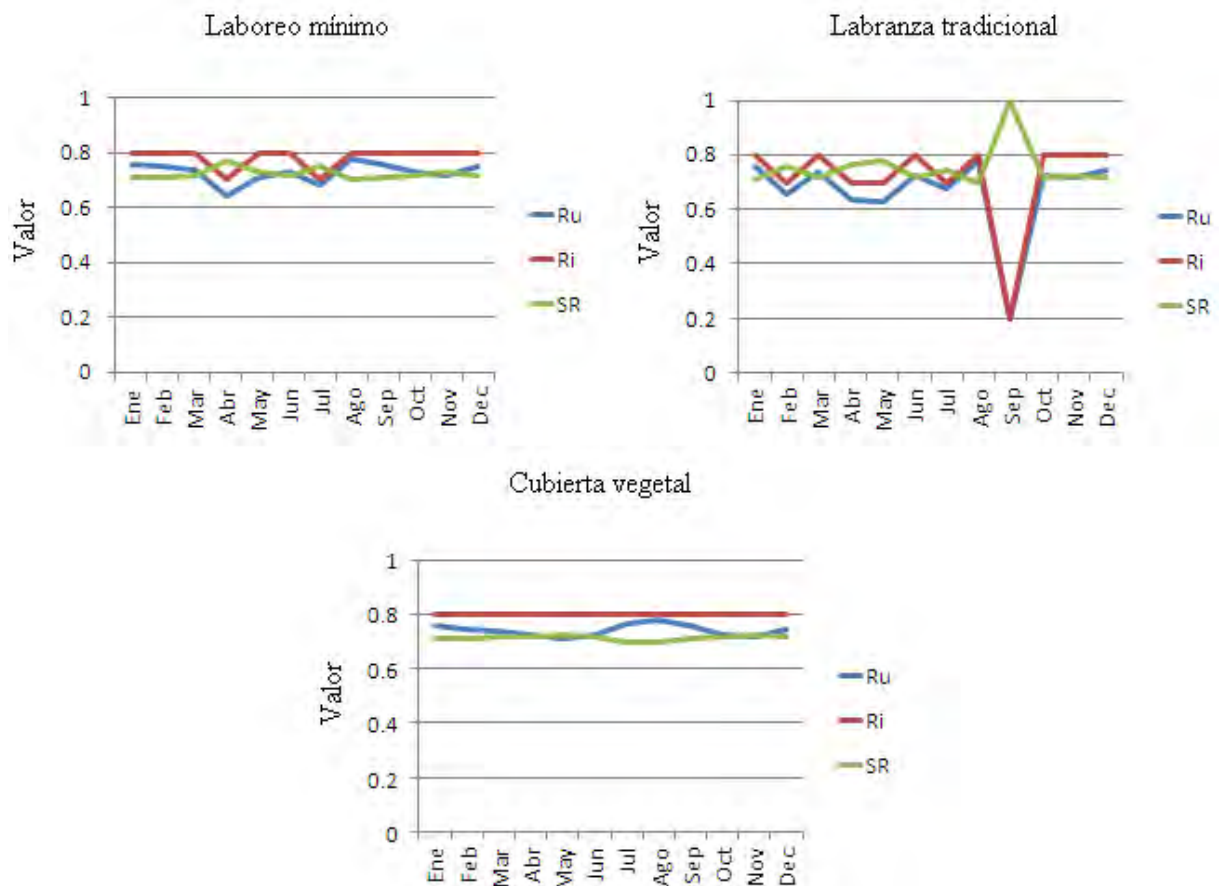
N) Subfactor SR en olivo

Las principales técnicas de cultivo en el olivar riojano son el laboreo mínimo (39,8%) y la labranza tradicional (39,8%), seguidas a cierta distancia por las cubiertas vegetales (21,9%) y las superficies que no tienen mantenimiento alguno o se encuentran abandonadas (14,8%). Por lo general, las operaciones culturales en labranza convencional se llevan a cabo entre cuatro o cinco veces al año, en la salida del invierno (SR = 0,76), mediados de primavera (SR = 0,78), julio y septiembre (SR = 0,75). En laboreo mínimo la actividad de la maquinaria se reduce a dos pases anuales en abril (SR = 0,77) y julio (SR = 0,75). Los aperos utilizados en ambos sistemas son cultivadores de laboreo superficial o gradas de púas que pulverizan el suelo, destruyen las hierbas adventicias que suponen competencia por los recursos hídricos y aumentan la capacidad de infiltración de agua en subsuelo. La temporada de recolección de la

oliva comienza en el mes de septiembre. Esta recolección se sigue realizando de forma manual, si bien en los últimos años se están efectuando pruebas para la recolección mecanizada en fincas muy extensivas,. Antes de la cosecha, en el método tradicional es habitual dar una última pasada con rodillo compactador en septiembre para desterronar y allanar el terreno, facilitando así el trabajo de los operarios (SR = 1).

En el sistema de cubiertas vegetales, que cada vez gana más adeptos entre los olivicultores, no se realiza ningún trabajo con maquinaria, dejando crecer entre las calles de la parcela la maleza, que será desbrozada de forma manual, mecánica o química, entre primavera y verano, para evitar su competencia hídrica con el olivo (González Sánchez *et al*, 2007). El valor promedio de SR anual con este método de mantenimiento del suelo es de 0,72.

Gráfico 5.28. Parámetros de SR en olivo



5.2.5. La cobertura superficial (Subfactor SC)

El subfactor SC (Surface Cover) o subfactor de cobertura superficial mide la influencia y el efecto protector del mulch en la reducción de la energía del impacto de la precipitación y la capacidad de transporte de la escorrentía. El mulch es cualquier material no erodible en contacto directo con la superficie, que incluye los residuos dejados en superficie por las labores agrícolas y el contenido en elementos gruesos (piedras y afloramientos rocosos) del suelo. A mayor porcentaje de superficie protegida por mulch, y en función de la densidad del mismo, la energía erosiva de las gotas de lluvia y el flujo de la escorrentía disminuyen. El cálculo de SC, que ofrece valores entre 0 y 1, ha de realizarse mensualmente con el algoritmo propuesto por Yoder *et al* (1996) en el manual de RUSLE:

$$SC = \exp[-b * Sp * (0,24 / Ru)^{0,08}]$$

Donde SC es el subfactor de cubierta superficial, *exp* es la función exponencial, b es el coeficiente de efectividad de la cobertura superficial para reducir la erosión, Sp es el porcentaje de superficie afectada por la cubierta vegetal superficial y Ru es la rugosidad de un suelo en pulgadas. Los valores de Ru son los mismos que los calculados en el subfactor SR, mientras que el valor aconsejado del coeficiente b en espacios cultivados es de 0,035 (Renard *et al*, 1996). Por su parte, Sp debe calcularse mensualmente mediante la siguiente expresión:

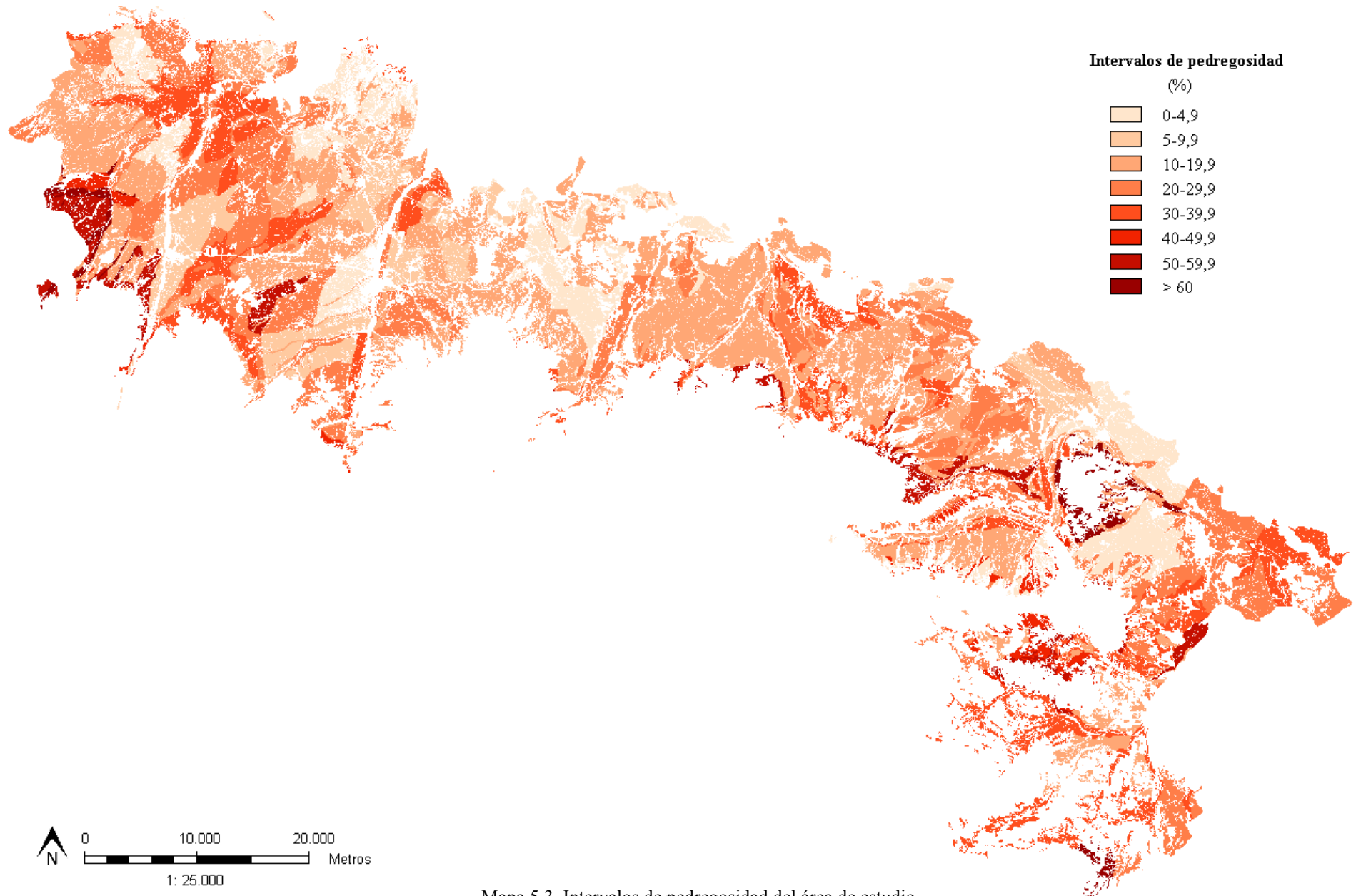
$$Sp = Src + Pe$$

Donde Pe es el porcentaje de pedregosidad/fracción gruesa del suelo y Src es el porcentaje de residuo dejado por los cultivos. El parámetro Pe se ha obtenido a partir de las 142 unidades homogéneas (UH) consignadas en el apartado del factor K (Anexo 1) y simplificadas en 8 intervalos de pedregosidad (Mapa 5.3), mientras que Src se estima de la siguiente forma:

$$Src = 100 * 1 - \exp(-\alpha * Bs)$$

Donde *exp* es la función exponencial, α es la superficie cubierta por el residuo por unidad de su peso (acre/libra) y Bs es el peso seco del residuo (acre/libra). Bs se calcula como:

$$Bs = \text{Producción} * \beta$$



Mapa 5.3. Intervalos de pedregosidad del área de estudio

Donde Producción es la cantidad de residuo dejado por un cultivo y β es la proporción entre el rendimiento de la cosecha y la producción de residuos. El parámetro Producción ha de medirse mensualmente tomando como punto de partida el mes de la cosecha teniendo en cuenta que el valor inicial del mismo disminuye tras las diferentes labores agrícolas y prácticas de manejo de los desechos vegetales.

En las páginas siguientes presentamos los resultados obtenidos para el subfactor SC en los diferentes cultivos riojanos, elaborados a partir de la combinación del residuo dejado por los cultivos y la pedregosidad de los suelos. Los principales resultados se muestran en tablas.

A) Subfactor SC en cereal de grano

Dada la gran superficie ocupada por el cereal a escala regional, todos los intervalos de pedregosidad se encuentran presentes (Tabla 5.74). Los suelos con un contenido medio-bajo en elementos gruesos (10-20 %) suponen valores de cobertura vegetal máximos de 0,63 y mínimos de 0,07 (SC pmed = 0,52), seguidos de cerca por los suelos con intervalos de pedregosidad entre 20-30 % y valores de SC entre 0,46-0,05 (SC pmed = 0,38). Le siguen en importancia los suelos con un contenido en piedras y cantos de 30-40 % que registran un valor máximo de SC de 0,25 y mínimo de 0,04 (SC pmed = 0,27). Los intervalos con menor porcentaje de material grueso presentan los rangos más elevados de cobertura superficial, cuyas máximas oscilan entre 0,87-0,76 y mínimas entre 0,10-0,09, estableciéndose el promedio en 0,73-0,67. Por otra parte, y a medida que la proporción de la fracción gruesa de los suelos se incrementa hay una menor variabilidad entre los valores de SC. Así, los intervalos 40-50 % y superiores a 60 % registran ratios máximos de 0,18-0,14 mientras que el mínimo de 0,02 es común a ambos, estableciéndose el promedio en 0,14 y 0,12.

La época del año en la que la protección de la cobertura superficial es más efectiva en la reducción de la fuerza erosiva de las precipitaciones y la escorrentía coincide con la temporada de cosecha, a mediados de la época estival. La cantidad de residuo vegetal que permanece en superficie tras las labores de recolección, estimada en 1.600 lb/acre, se añade al mulch de los elementos gruesos y puesto que la cantidad de rastrojo es muy notable, los valores de SC se encuentran próximos a 0 (efectividad total de la cobertura superficial).

Tabla 5.74. Valores de SC en cereal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,10 | 0,10 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,85 | 0,86 |
| 5-10 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,09 | 0,09 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,77 | 0,77 |
| 10-20 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,07 | 0,07 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,60 | 0,59 |
| 20-30 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,05 | 0,05 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,43 | 0,43 |
| 30-40 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,04 | 0,04 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,29 | 0,29 |
| 40-50 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,03 | 0,03 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,21 | 0,21 |
| 50-60 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,02 | 0,02 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,15 |
| > 60 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,02 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,13 | 0,13 |

B) Subfactor SC en hortalizas de flor

En lo referente a las plantaciones de alcachofa, los suelos inventariados representan a 4 de los 8 intervalos de pedregosidad en los que se ha simplificado el área de estudio (Tabla 5.75). Los suelos con un contenido en elementos gruesos entre 10-20 % presentan valores de SC máximos de 0,65 y mínimos de 0,07 (SC pmed = 0,53). Les siguen en importancia los suelos con una pedregosidad entre 20-30 % y valores de SC máximos de 0,47 y mínimos de 0,05 (SC pmed = 0,38); y el 21,05% con una fracción gruesa inferior a 5 % que comprende los rangos de SC más elevados, entre 0,89 y 0,11 (SC pmed = 0,75). En último lugar, en el intervalo de 30-40%, los valores de SC mínimo y máximo son inferiores a los registrados en los casos anteriores, con 0,38 y 0,04 respectivamente (SC pmed = 0,30).

La distribución mensual de SC para los cultivos de alcachofa registra los valores más bajos entre agosto y septiembre cuando tiene lugar la recolección del órgano cosechable. En el caso de la alcachofa de ciclo anual, la planta permanece en la parcela privada de riego y cuidados hasta su agostamiento, generándose una cantidad de residuo seco de 9.287,2 lb/acre (Lenzi *et al*, 2014). La posterior eliminación de los restos de la planta mediante desbrozadora deja en superficie 8.358 lb/acre de desecho vegetal que funciona como mulch hasta que es eliminado en las labores preparatorias previas a la siembra del cultivo siguiente.

Tabla 5.75. Valores de SC en alcachofa por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,12 | 0,11 | 0,89 | 0,89 | 0,77 |
| 10-20 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,65 | 0,63 | 0,08 | 0,07 | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| 20-30 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,47 | 0,45 | 0,06 | 0,05 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| 30-40 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,38 | 0,36 | 0,05 | 0,04 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |

En coliflor y brócoli los valores de SC en fracciones gruesas de 10-20% se calcularon en máximas de 0,61 y mínimas de 0,38 (SC pmed = 0,60). En cambio, las superficies que registran las fracciones más gruesas, entre 20-40%, presentan los valores más reducidos de SC mínima (SC = 0,28-0,20), máxima (SC = 0,48-0,33) y promedio (SC pmed = 0,45-0,31). La fracción de suelos con menor presencia de gravas (0-5%) registra valores de cobertura superficial entre 0,90 y 0,54 (SC pmed = 0,86), los más elevados del conjunto. En último lugar, se sitúa el intervalo de 5-10% que registra ratios mínimos de 0,45 y máximos de 0,74, siendo el promedio de 0,71.

Los residuos generados por la cosecha, que suele comenzar en el mes de diciembre, se estiman en 1.950 lb/acre (Mitchel *et al*, 1999) que, con las labores posteriores de escarda mecánica o química, se reducen en 1.755 lb/acre de mulch protector.

Tabla 5.76. Valores de SC en coliflor y brócoli por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,54 | 0,88 |
| 5-10 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,76 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,45 | 0,74 |
| 10-20 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,63 | 0,64 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,38 | 0,61 |
| 20-30 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,28 | 0,45 |
| 30-40 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,20 | 0,30 |

C) Subfactor SC en hortalizas leguminosas

El 55,5% de los cultivos de guisante se localiza sobre suelos aluviales. Los 4 intervalos de pedregosidad documentados en guisante verde representan rangos bajos y medios que oscilan entre 5 y 40% (Tabla 5.77). Las fracciones 10-20% y 30-40% se reparten equitativamente sobre el 66,6% del espacio cultivado, registrando valores de SC mínimos entre 0,51-0,27 y máximos de 0,64-0,36. En segundo lugar destaca el 22,2% de superficies con una fracción gruesa entre 20-30 %, que cuenta con rangos de cobertura superficial máxima de 0,50 y mínima de 0,39 (SC pmed = 0,46). El 11,1%

restante se identifica con los suelos más escasos en materiales gruesos que a su vez presentan los valores de SC más elevados en plantaciones de guisante, 0,81-0,65 (SC pmed = 0,78).

Con la recolección mecanizada que tiene lugar en junio la cantidad de residuo generado es de 3.130 lb/acre, y sin embargo, las labores de cosecha y alzado del terreno realizadas con cosechadora y grada de discos entierran el 76,04% de los desechos vegetales. A principios de verano solo permanecen en superficie cerca de 750 lb/acre que contribuyen a reforzar la función protectora de la pedregosidad superficial, registrándose los ratios de SC mensual más reducidos.

Tabla 5.77. Valores de SC en guisante verde por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5-10 | 0,80 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,65 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,81 |
| 10-20 | 0,62 | 0,61 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,51 | 0,64 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,64 |
| 20-30 | 0,47 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,39 | 0,49 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,50 |
| 30-40 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,27 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,36 |

Respecto a la judía verde, aparece en suelos con diferente grado de pedregosidad. El intervalo más representado tiene una fracción gruesa de 20-30% y se encuentra repartido por el 33,3% del espacio dedicado a judía verde, registrando valores máximos de SC de 0.50 y mínimos de 0,45 (SC pmed = 0,47). En segundo lugar destaca el 27,7% de suelos con porcentajes de pedregosidad entre 10-20% y valores de SC que oscilan entre 0,62 y 0,57 (SC pmed = 0,59), y en tercer lugar el 16,6% de suelos con un contenido en piedras y gravas de 30-40% que registran rangos de SC más modestos, entre 0,32 y 0,29 (SC pmed = 0,29). Finalmente el 22,2% del espacio restante presenta un contenido en materiales gruesos muy heterogéneo y, como se ha podido apreciar anteriormente, los rangos de cobertura superficial mínima y máxima más elevados se detectan en las superficies menos accidentadas (0-10%), y al contrario con los suelos más pedregosos (40-50% y > 60%).

Por otra parte, la variabilidad mensual de los valores de SC es muy baja debido al escaso volumen de desechos vegetales que permanece en superficie al final del ciclo de cultivo. De hecho, tan solo 265 lb/acre de los 1.102 lb/acre brutos generados durante la

cosecha permanece en la superficie de la parcela tras las labores de recolección y alzado.

Tabla 5.78. Valores de SC en judía verde por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,90 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,84 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 5-10 | 0,80 | 0,80 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,74 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| 10-20 | 0,59 | 0,59 | 0,62 | 0,61 | 0,58 | 0,60 | 0,60 | 0,57 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| 20-30 | 0,47 | 0,47 | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,47 | 0,47 | 0,45 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 30-40 | 0,29 | 0,29 | 0,32 | 0,31 | 0,27 | 0,29 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 40-50 | 0,23 | 0,23 | 0,26 | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| > 60 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |

Las parcelas que cultivan haba se localizan en suelos con fracción gruesa entre 0-5 % y 10-40 % (Tabla 5.79). El 40% de los suelos cuenta con una pedregosidad de 20-30% y un valor de SC máximo de 0,52 y mínimo de 0,36 (SC pmed = 0,47). Los valores de cobertura superficial más elevados, entre 0,99-0,70, se corresponden con la fracción de pedregosidad mínima (SC pmed = 0,93), presente en el 20% del espacio cultivado, mientras que los rangos más bajos se detectan en la fracción 30-40% que registran valores de SC entre 0,36-0,25 (SC pmed = 0,33). El cultivo de haba sobre pedregosidades del 10-20% presenta valores máximos de SC de 0,58 y mínimos de 0,40 (SC pmed = 0,53).

La planta de haba genera una cantidad de residuo vegetal bruto de 1.516 lb/acre, el 20% del cual es incorporado al suelo en las operaciones de recolección iniciadas en primavera. Finalmente, con la labor de alzado del terreno que tiene lugar en junio, tan solo el 30% de las 1.212 lb/acre que permanecían en superficie se incorporan al mulch protector que frena la escorrentía y reduce la energía erosiva de la lluvia.

Tabla 5.79. Valores de SC en haba por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,70 | 0,70 | 0,89 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 10-20 | 0,56 | 0,54 | 0,56 | 0,40 | 0,40 | 0,51 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,58 | 0,55 | 0,57 |
| 20-30 | 0,49 | 0,48 | 0,49 | 0,36 | 0,36 | 0,45 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,52 | 0,49 | 0,51 |
| 30-40 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,26 | 0,26 | 0,32 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,37 | 0,35 | 0,36 |

D) Subfactor SC en hortalizas de hoja

Los suelos con cultivos de lechuga y escarola, con una pedregosidad entre 10-20%, presentan unos valores de cobertura superficial máxima de 0,61 y mínima de 0,48 (SC pmed = 0,59). El pico de SC mínima en los cultivos de escarola y lechuga se produce en los momentos en los que la efectividad de la cobertura superficial en la reducción de la escorrentía es mayor. Se alcanza por igual en todos los intervalos de pedregosidad en el mes de mayo, cuando tiene lugar la recolección manual que genera cerca de 2.730 lb/acre de material orgánico desechable (Mitchel *et al*, 1999).

Tabla 5.80. Valores de SC en lechuga y escarola por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,87 | 0,69 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 |
| 5-10 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,74 | 0,59 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 |
| 10-20 | 0,61 | 0,60 | 0,58 | 0,60 | 0,48 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 20-30 | 0,51 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,40 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| 30-40 | 0,31 | 0,29 | 0,28 | 0,29 | 0,24 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |

En las parcelas que cultivan col y repollo más de la mitad presenta un contenido en elementos gruesos de 10-20%, con valores máximos de SC de 0,60 y mínimos de 0,40 (SC pmed = 0,55). El 50% del espacio restante presenta valores de cobertura superficial que oscilan entre 0,88-0,53 de máxima y 0,59-0,35 de mínima, estableciéndose el valor promedio en 0,81-0,48. Si bien la cantidad de residuo que se genera en ambos cultivos es similar, la temporada de cosecha es más tardía en repollo, de manera que los ratios más bajos de SC en col se detectan entre octubre y noviembre y en repollo entre diciembre y enero.

Tabla 5.81. Valores de SC en col y repollo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Cultivo | Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Col | 0-5 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,59 | 0,59 | 0,78 |
| | 10-20 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,40 | 0,40 | 0,54 |
| | 20-30 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,35 | 0,35 | 0,47 |
| Repollo | 0-5 | 0,59 | 0,59 | 0,77 | 0,87 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| | 10-20 | 0,40 | 0,40 | 0,53 | 0,59 | 0,59 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| | 20-30 | 0,35 | 0,35 | 0,46 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |

E) Subfactor SC en hortalizas de fruto

En las plantaciones de tomate, el 33,3% de los suelos presenta un contenido en gravas, cantos y piedras de 10-20%, con un valor máximo de SC de 0,61 y mínimo de 0,32 (SC pmed = 0,54). El 26,6% del espacio tomatero tiene suelos con una pedregosidad media-alta (30-40%) y los valores de SC en plantaciones de tomate más modestos, entre 0,34-0,17 (SC pmed = 0,29). Por su parte, el 20% de la superficie presenta una menor pedregosidad (0-5%), por lo que cuenta con los valores de SC más elevados, 0,89-0,47 (SC pmed = 0,80).

En lo referente a la distribución mensual de los ratios de cobertura superficial, es en los meses de julio y agosto donde aparecen los valores más moderados, ya que se incorporan los desechos vegetales. Esta cantidad inicial de residuo se reduce en septiembre, lo que implica un incremento en los valores de SC y una menor capacidad protectora de la cobertura frente a las tormentas de finales de verano.

Tabla 5.82. Valores de SC en tomate por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,47 | 0,48 | 0,74 | 0,89 | 0,88 | 0,88 |
| 5-10 | 0,74 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | 0,74 | 0,39 | 0,41 | 0,62 | 0,75 | 0,74 | 0,74 |
| 10-20 | 0,60 | 0,61 | 0,60 | 0,60 | 0,58 | 0,60 | 0,32 | 0,33 | 0,51 | 0,61 | 0,60 | 0,60 |
| 20-30 | 0,46 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,44 | 0,46 | 0,25 | 0,26 | 0,40 | 0,47 | 0,46 | 0,46 |
| 30-40 | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,32 | 0,17 | 0,18 | 0,28 | 0,33 | 0,32 | 0,32 |

El 43,7% de las parcelas con plantaciones de pimiento registran valores máximos de SC de 0,65 y mínimos de 0,36 (SC pmed = 0,59). Tras ellos, el 37,7% de suelos presenta rangos de cobertura superficial que oscilan entre 0,89-0,52 de máxima, 0,50-0,29 de mínima y 0,83-0,45 de promedio. Los suelos más pedregosos cuentan con los valores de SC más modestos, entre 0,37-0,20 (SC pmed = 0,32). Como se ha podido comprobar, los ratios de SC más bajos se corresponden con la temporada de recolección, que en el caso del pimiento comienza a finales de verano.

Tabla 5.83. Valores de SC en pimiento por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,50 | 0,74 | 0,88 | 0,88 |
| 5-10 | 0,75 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,43 | 0,62 | 0,74 | 0,74 |
| 10-20 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,36 | 0,47 | 0,63 | 0,63 |
| 20-30 | 0,52 | 0,36 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,29 | 0,42 | 0,49 | 0,49 |
| 30-40 | 0,37 | 0,35 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,20 | 0,29 | 0,34 | 0,34 |

F) Subfactor SC en raíces y tubérculos

En relación al contenido en elementos gruesos de los suelos en los que se cultiva zanahoria, no se han observado diferencias significativas, situándose la práctica totalidad de las tierras dentro del intervalo 20-30% de pedregosidad. Los valores máximos de SC (0,48-0,46) aparecen desde finales de verano hasta principios de primavera así como a mediados de verano; mientras que los valores mínimos se corresponden con el mes de la cosecha que, en zanahoria temprana, tiene lugar en julio (SC = 0,41), la de media estación en agosto (SC = 0,41) y en septiembre la tardía (SC = 0,42). El valor de SC promedio común a todas ellas es de 0,45.

Tabla 5.84. Valores de SC en zanahoria con pedregosidad (Pe) entre 20-30 %

| Variedad | Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|----------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temprana | 20-30 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,43 | 0,43 | 0,46 | 0,41 | 0,45 | 0,48 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| Media estación | | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,43 | 0,43 | 0,46 | 0,46 | 0,41 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| Tardía | | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,43 | 0,43 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,46 |

En las parcelas que cultivan cebolla, los valores máximos de SC oscilan entre 0,87-0,52. Los mínimos por su parte están establecidos en 0,76-0,45. Los valores más bajos se corresponden con la temporada de cosecha que tiene lugar el mes de julio y genera residuo orgánico (Mitchel *et al*, 1999) que se incorpora al mulch protector de la fracción gruesa. Con el posterior alzado de los restos vegetales en agosto, la cantidad de residuo que permanece en superficie se reduce mientras que el valor de SC se incrementa en 0,83 y 0,49.

Tabla 5.85. Valores de SC en cebolla por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,87 | 0,87 | 0,85 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 0,76 | 0,83 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 0,86 |
| 20-30 | 0,52 | 0,51 | 0,48 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,49 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |

G) Subfactor SC en cultivos industriales

El 50% del espacio dedicado a remolacha se instala sobre suelos con una fracción gruesa de 20-30% y valores de SC entre 0,50-0,22 (SC pmed = 0,43). Un 25% de las tierras presentan porcentajes de pedregosidad (10-20%) y valores de SC entre 0,66-0,30 (SC pmed = 0,59), mientras que el 12,5% se instala sobre superficies con una granulometría inferior y valores de SC entre 0,76-0,34 (SC pmed = 0,68). Como se puede apreciar en la Tabla 5.86 los valores mínimos de SC en todos los intervalos de pedregosidad se corresponden con la temporada de recolección y las labores culturales post-cosecha.

5.86. Valores de SC en remolacha azucarera por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,41 | 0,41 | 0,87 |
| 5-10 | 0,76 | 0,76 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,34 | 0,34 | 0,73 |
| 10-20 | 0,66 | 0,66 | 0,63 | 0,65 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,30 | 0,30 | 0,64 |
| 20-30 | 0,50 | 0,49 | 0,46 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,22 | 0,22 | 0,48 |
| 50-60 | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,09 | 0,09 | 0,21 |

La mayor parte de las parcelas de girasol se concentran en Rioja Alta, sobre suelos de pedregosidad media y valores promedio de SC comprendidos entre 0,53-0,40, máximos de 0,66-0,52 y mínimos de 0,12-0,08. La variabilidad mensual de la cobertura superficial en girasol es muy notable, factor que tiene su explicación en dos variables: el grado de rugosidad que adquiere el suelo tras las operaciones post-cosecha ($R_u = 0,38$) y los residuos generados por la misma. A principios de otoño se recolectan los capítulos del girasol mientras que la mayor parte de la planta permanece en la parcela hasta su eliminación con escarda entre octubre y noviembre

Tabla 5.87. Valores de SC en girasol por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,59 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,19 | 0,18 | 0,43 |
| 10-20 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,13 | 0,12 | 0,29 |
| 20-30 | 0,48 | 0,46 | 0,46 | 0,50 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,09 | 0,08 | 0,20 |
| 30-40 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,28 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,30 | 0,06 | 0,05 | 0,14 |

La colza es un cultivo exclusivo de la comarca de Rioja Alta, concentrado principalmente en cinco municipios al sur de la subcomarca de Santo Domingo de la Calzada. La pedregosidad de sus suelos es muy heterogénea, lo que conduce a valores de SC variables también (Tabla 3.105). El pico inferior de SC se corresponde con mayo, el mes de la cosecha de la colza.

Tabla 5.88. Valores de SC en colza por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5-10 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,35 | 0,61 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,78 | 0,80 | 0,80 |
| 10-20 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,27 | 0,48 | 0,61 | 0,61 | 0,63 | 0,59 | 0,61 | 0,34 |
| 30-40 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,16 | 0,28 | 0,35 | 0,35 | 0,37 | 0,32 | 0,35 | 0,36 |

H) Subfactor SC en cultivos forrajeros

Las forrajeras aparecen sobre todo tipo de fracciones gruesas. El intervalo más destacable es el de 10-20%, con valores de cobertura máximos de 0,64 y mínimos de 0,58 (SC pmed = 0,63). Le siguen en importancia los intervalos medio-altos, del 20 al 40% de pedregosidad, y rangos de SC máxima entre 0,50-0,36 y mínima entre 0,42-0,31 (SC pmed = 0,47-0,33). La variabilidad mensual de los valores de SC muestra la influencia protectora de los rastrojos generados en la cosecha de mayo.

Tabla 5.89. Valores de SC en cultivos forrajeros por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,78 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,89 |
| 5-10 | 0,76 | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,67 | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,77 | 0,76 | 0,76 |
| 10-20 | 0,64 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,58 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,63 | 0,64 |
| 20-30 | 0,47 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,42 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,50 | 0,47 | 0,47 |
| 30-40 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,31 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,36 | 0,33 | 0,34 |
| 40-50 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,28 | 0,25 | 0,25 |
| 50-60 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,18 | 0,19 |

I) Subfactor SC en patata

El 55,4% de los suelos cultivados con patata presentan una pedregosidad media, con valores de SC máxima entre 0,62-0,49 y mínima de 0,39-0,31 (SC pmed = 0,60-0,45). En general, los picos inferiores de SC coinciden con el volumen de rastrojo generado durante la temporada de cosecha, que en patata de media estación tiene lugar a finales de verano y principios de octubre y en patata tardía entre enero y febrero (Tabla 5.90).

Tabla 5.90. Valores de SC en patata por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Variedad | Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|----------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Media estación | 0-5 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,57 | 0,57 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| | 5-10 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,50 | 0,50 | 0,78 | 0,77 | 0,77 |
| | 10-20 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,39 | 0,39 | 0,62 | 0,61 | 0,60 |
| | 20-30 | 0,46 | 0,46 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,31 | 0,31 | 0,49 | 0,48 | 0,45 |
| | 30-40 | 0,33 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,22 | 0,22 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |
| | 40-50 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,17 | 0,17 | 0,28 | 0,27 | 0,25 |
| | 50-60 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,13 | 0,13 | 0,21 | 0,20 | 0,19 |
| | > 60 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,16 | 0,15 | 0,14 |
| Tardía | 0-5 | 0,57 | 0,57 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| | 5-10 | 0,50 | 0,50 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |
| | 10-20 | 0,39 | 0,39 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| | 20-30 | 0,31 | 0,31 | 0,49 | 0,48 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| | 30-40 | 0,22 | 0,22 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| | 40-50 | 0,17 | 0,17 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| | 50-60 | 0,13 | 0,13 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| | > 60 | 0,10 | 0,10 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

J) Subfactor SC en viñedo

Las superficies de viñedo aparecen en todos los intervalos de pedregosidad. Los suelos con un contenido medio en elementos gruesos son los más abundantes, con un rango de valores de cobertura superficial máxima entre 0,64-0,49, mínima entre 0,57-0,42 y promedio entre 0,62-0,46. Le siguen en extensión los suelos con una fracción gruesa de 30-40% y valores de SC entre 0,34-0,29 (SC pmed = 0,32). Los intervalos que registran los ratios más elevados tienen menor presencia, pero presentan valores de SC de 0,90-0,77 y mínimos de 0,82-0,68 (SC pmed = 0,88-0,74). Es importante reseñar que no existen diferencias significativas en los resultados obtenidos entre los viñedos conducidos en vaso y los de espaldera, así como entre los sistemas de laboreo mínimo y

laboreo tradicional. En todo caso, los valores mensuales difieren en una o dos décimas, siendo el valor promedio anual similar en todos ellos.

A diferencia de las especies herbáceas, existen varios picos anuales en los que se registran los valores más bajos de SC, que coinciden con el mes de poda, las operaciones de control de la vegetación adventicia y el mullido del suelo ejecutadas en primavera y la temporada de vendimia. Por otra parte, el rango de valores registrado entre ambos periodos y los valores computados el resto de año se encuentran muy cercanos. Esto se debe a la retirada de la práctica totalidad de los restos de poda (yemas y sarmientos) y vendimia (hojas y zarcillos), dejando en la parcela entre el 5-10% del residuo bruto. Las operaciones de poda, que tienen lugar entre enero y febrero, dejan una cantidad de desecho de 2,3 kg/cepa (Guerrero, 1990), que en la densidad de plantación promedio estimada para el viñedo riojano de 3.000 cepas/ha se estima en 6.900 kg/ha (6.161,7 lb/acre). La posterior retirada de la mayor parte de los restos de poda deja en superficie entre 345-689 kg/ha (308-616 lb/acre), el 75% de los cuales serán incorporados al suelo tras las operaciones de labranza primaverales con cultivador. Respecto a la vendimia, iniciada entre finales de verano y principios de otoño, el volumen bruto de sarmientos y yemas es de 0,5-1 kg/cepa, es decir, entre 1.500-3.000 kg/ha (1.339-2.679 lb/acre). El peso final del rastrojo tras la eliminación del 90-95% del mismo es de 75- 150 kg/ha (67-134 lb/acre).

Tabla 5.91. Valores de SC en viñedo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,90 | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,86 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 5-10 | 0,75 | 0,68 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,75 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,77 |
| 10-20 | 0,63 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,64 |
| 20-30 | 0,46 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,44 | 0,46 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,46 | 0,46 | 0,49 |
| 30-40 | 0,32 | 0,29 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,34 |
| 40-50 | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 50-60 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,19 | 0,19 | 0,25 |
| > 60 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |

K) Subfactor SC en frutales de fruto seco

Según Lafarga *et al* (2009), y a partir de datos recabados por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía), la cantidad de desecho producto de la

recolección en frutales de fruto seco se estima en 3 kg/árbol/año (6,61 lb/árbol/año). Para De Juan *et al* (2003), las operaciones de poda generan una cantidad superior, de 15 kg/árbol así como 2,2 kg de cáscara por ejemplar. Por otra parte, los diferentes estratos de densidad de plantación observados, que en almendro oscilan entre 25 y 3.333 árboles/hectárea y en nogal entre 16-2.500 arboles/hectárea, determinan una producción total de residuo bruto muy variable en relación a la densidad de plantación observada en la parcela. Los volúmenes de residuo vegetal estimados para cada uno de los estratos de densidad documentados en frutales de fruto seco durante las operaciones de poda y recolección se presentan en la Tabla 5.92.

Tabla 5.92. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de fruto seco

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Restos de poda (lb/acre) | | Residuo de cosecha (lb/acre) | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|------------------------------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| < 200 | 334 | 2.679 | 66,9 | 535 |
| 204-333 | 2.732 | 4.460 | 546 | 829 |
| 357-833 | 4.782 | 11.158 | 956 | 2.231 |
| 1.000-1.666 | 13.395 | 22.316 | 2.679 | 4.463 |
| 2.000-3.333 | 26.790 | 44.645 | 5.358 | 8.929 |

Debido a la variedad de densidades de plantación documentadas en almendro y nogal, los resultados ofrecidos en las tablas 5.93, 5.95, 5.97 y 5.99 son valores promedios globales para facilitar su comprensión. De la misma forma, las tablas 5.94, 5.96, 5.98 y 5.100 muestran los ratios mínimos y máximos obtenidos en el cómputo de SC durante las etapas productivas y las temporadas de labores agrarias.

Como ya se ha señalado en el apartado del subfactor SR, la labranza mínima es el sistema de explotación característico en frutales de fruto seco de La Rioja, utilizado en el 44,7% de las plantaciones; seguido del sistema de cubiertas vegetales (17,7%), el laboreo convencional (16,6%) y el no-laboreo (3,2%); mientras que el 16,3% restante se encuentra en estado de abandono. El procedimiento de localización espacial de los diferentes sistemas de explotación se ha realizado mediante los visores del SIGPAC (Sistema de Información de Parcelas Agrícolas del Gobierno de La Rioja) y del Inventario de Frutales. La observación detallada de los suelos de las parcelas permitió determinar que todas las superficies con suelos desnudos entre líneas estaban sometidas a laboreo, mientras que aquellas que presentaban cierto grado de cobertura vegetal en

superficie mantenían un régimen de laboreo de conservación. Partiendo de estas consideraciones iniciales y debido a la imposibilidad de determinar con exactitud cuál de las cinco prácticas de manejo observadas corresponde a cada parcela, se ha atribuido el sistema de laboreo mínimo a las parcelas con superficies desnudas y el de cubiertas vegetales a las parcelas con presencia de mulch herbáceo superficial.

Las plantaciones de almendro en régimen de laboreo mínimo aparecen sobre todos los intervalos de pedregosidad. La superficie más extensa se detecta sobre intervalos medios de 10-20% y 20-30%, con valores de SC máximos que varían entre 0,58-0,41 y mínimos entre 0,40-0,30 (SC pmed = 0,56-0,40). Si bien los valores documentados en las diferentes etapas de producción en campo son similares en cada una de las fracciones de pedregosidad, no ocurre lo mismo con los valores registrados durante las prácticas agrícolas. De hecho, en almendro cultivado en régimen de labranza mínima tienen lugar dos trabajos anuales con cultivador para mullir el suelo y controlar las malezas que compiten por los recursos hídricos. Tras la poda, iniciada normalmente a la salida del invierno, y la eliminación de la mayor parte del material leñoso una posterior pasada con cultivador en abril y junio incorpora al suelo el 75% de los restos que permanecían en superficie. Por otra parte, con la recolección de la almendra entre julio y agosto se genera una cantidad de residuo menor que la documentada en la poda, si bien después no tiene lugar operación cultural o labor con maquinaria alguna que retire o entierre el total del residuo bruto. Es por tanto que en estos cuatro meses se registran los valores más bajos del subfactor SC, es decir, cuando la superficie de la parcela se encuentra más protegida por una capa de mulch de densidad y peso muy variable.

Tabla 5.93. Valores de SC en almendro con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,93 | 0,82 | 0,93 | 0,85 | 0,93 | 0,87 | 0,60 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| 5-10 | 0,74 | 0,65 | 0,74 | 0,67 | 0,74 | 0,69 | 0,47 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| 10-20 | 0,58 | 0,53 | 0,58 | 0,54 | 0,58 | 0,55 | 0,40 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| 20-30 | 0,41 | 0,38 | 0,41 | 0,39 | 0,41 | 0,39 | 0,30 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 30-40 | 0,31 | 0,28 | 0,31 | 0,28 | 0,31 | 0,29 | 0,21 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 40-50 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,22 | 0,24 | 0,22 | 0,16 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 50-60 | 0,16 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| > 60 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,10 | 0,04 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

Tabla 5.94. Intervalos de SC en almendro con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar | Cultivador | May | Cultivador | Cosecha | Ago-Ene |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| 0-5 | 0,72-0,93 | 0,87-0,99 | 0,76-0,95 | 0,87-0,99 | 0,79-0,96 | 0,40-0,79 | 0,87-0,99 |
| 5-10 | 0,47-0,72 | 0,72-0,76 | 0,52-0,73 | 0,72-0,76 | 0,56-0,74 | 0,17-0,062 | 0,72-0,76 |
| 10-20 | 0,40-0,66 | 0,51-0,70 | 0,43-0,67 | 0,51-0,70 | 0,48-0,68 | 0,19-0,54 | 0,51-0,70 |
| 20-30 | 0,35-0,42 | 0,37-0,44 | 0,36-0,43 | 0,37-0,44 | 0,36-0,43 | 0,23-0,35 | 0,37-0,44 |
| 30-40 | 0,18-0,34 | 0,27-0,35 | 0,20-0,34 | 0,27-0,35 | 0,23-0,35 | 0,10-0,30 | 0,27-0,35 |
| 40-50 | 0,19-0,25 | 0,22-0,26 | 0,20-0,25 | 0,22-0,26 | 0,21-0,25 | 0,08-0,22 | 0,22-0,26 |
| 50-60 | 0,13-0,16 | 0,15-0,17 | 0,13-0,16 | 0,15-0,17 | 0,14-0,16 | 0,08-0,12 | 0,15-0,17 |
| > 60 | 0,06-0,10 | 0,12 | 0,07-0,10 | 0,12 | 0,08-0,11 | 0,02-0,06 | 0,12 |

En almendro con cubierta vegetal, la distribución mensual de los valores del subfactor SC presenta un menor rango de variabilidad que el registrado en labranza mínima debido a la ausencia de laboreo mecanizado en primavera. Los meses que registran valores de SC inferiores al promedio coinciden con la poda de final del invierno y la recolección a mediados de verano que dejan en superficie una cantidad de mulch variable que sirve como freno al potencial erosivo de las precipitaciones de finales de verano.

Tabla 5.95. Valores de SC en almendro con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,90 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,78 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 5-10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,61 | 0,59 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,52 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 20-30 | 0,40 | 0,38 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,33 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| 30-40 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,25 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 40-50 | 0,24 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,20 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 50-60 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| > 60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 5.96. Intervalos de SC en almendro con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar-Jun | Cosecha | Ago-Ene |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,85-0,89 | 0,89-0,92 | 0,72-0,82 | 0,89-0,92 |
| 5-10 | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,49-0,69 | 0,51-0,71 | 0,42-0,62 | 0,51-0,71 |
| 20-30 | 0,36-0,46 | 0,36-0,44 | 0,30-0,40 | 0,36-0,44 |
| 30-40 | 0,26-0,34 | 0,27-0,36 | 0,21-0,29 | 0,27-0,36 |
| 40-50 | 0,21-0,24 | 0,22-0,25 | 0,18-0,21 | 0,22-0,25 |
| 50-60 | 0,14-0,16 | 0,15-0,17 | 0,12-0,14 | 0,15-0,17 |
| > 60 | - | - | - | - |

La variabilidad mensual de los valores de SC en nogal está estrechamente relacionada con la que aparece en parcelas de almendro en laboreo mínimo ya que las prácticas culturales realizadas en ambas suelen tener lugar en las mismas fechas (De Juan *et al*, 2003).

Tabla 5.97. Valores de SC en nogal con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5-10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,61 | 0,56 | 0,61 | 0,57 | 0,61 | 0,61 | 0,44 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 20-30 | 0,44 | 0,41 | 0,44 | 0,41 | 0,44 | 0,44 | 0,34 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 30-40 | 0,31 | 0,29 | 0,31 | 0,29 | 0,31 | 0,31 | 0,24 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 40-50 | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,17 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 |
| 50-60 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,14 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |

Tabla 5.98. Intervalos de SC en nogal en laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar | Cultivador | May | Cultivador | Cosecha | Ago-Ene |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 10-20 | 0,49-0,67 | 0,53-0,72 | 0,50-0,68 | 0,53-0,72 | 0,53-0,72 | 0,35-0,55 | 0,53-0,72 |
| 20-30 | 0,37-0,46 | 0,39-0,49 | 0,37-0,46 | 0,39-0,49 | 0,39-0,49 | 0,31-0,38 | 0,39-0,49 |
| 30-40 | 0,27-0,33 | 0,28-0,35 | 0,27-0,34 | 0,28-0,35 | 0,28-0,35 | 0,22-0,28 | 0,28-0,35 |
| 40-50 | 0,17-0,26 | 0,21-0,27 | 0,18-0,26 | 0,21-0,27 | 0,21-0,27 | 0,10-0,23 | 0,21-0,27 |
| 50-60 | 0,16-0,18 | 0,16-0,19 | 0,16-0,18 | 0,16-0,19 | 0,16-0,19 | 0,12-0,16 | 0,16-0,19 |

En parcelas de nogal en las que se emplea el sistema de cubiertas vegetales, la distribución mensual del subfactor SC revela, al igual que en almendro con cubierta, dos picos anuales en los que los valores de cobertura superficial son inferiores al promedio. Estos dos picos se corresponden con la poda de finales de invierno y la cosecha de mediados de verano. Los ratios de febrero son entre 1 y 4 décimas inferiores a los del resto del año, mientras que los ratios de julio presentan mayor variabilidad, entre 2 y 15 décimas de diferencia gracias a la permanencia en superficie del total del residuo bruto generado en la cosecha.

Tabla 5.99. Valores de SC en nogal con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,90 | 0,86 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,75 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 5-10 | 0,80 | 0,77 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,68 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| 10-20 | 0,66 | 0,64 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,57 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
| 20-30 | 0,47 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,43 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 30-40 | 0,34 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,29 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| 40-50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 50-60 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |

Tabla 5.100. Intervalos de SC en nogal con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar-Jun | Cosecha | Ago-Ene |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,82-0,89 | 0,88-0,91 | 0,69-0,82 | 0,88-0,91 |
| 5-10 | 0,77 | 0,80 | 0,68 | 0,80 |
| 10-20 | 0,53-0,71 | 0,54-0,72 | 0,50-0,68 | 0,54-0,72 |
| 20-30 | 0,44-0,48 | 0,45-0,49 | 0,41-0,44 | 0,45-0,49 |
| 30-40 | 0,28-0,34 | 0,29-0,36 | 0,26-0,31 | 0,29-0,36 |
| 40-50 | - | - | - | - |
| 50-60 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,17 |

L) Subfactor SC en frutales de pepita

La temporada de recolección en frutales de pepita genera, según Lafarga *et al* (2009), una cantidad de desechos de hojas, frutos dañados y pequeñas ramas de 2,5 kg/árbol/año (5,51 lb/árbol/año); mientras que las operaciones de poda, bien sean de limpieza, aclareo o fructificación, producen una cantidad de restos similar a la de frutales de fruto seco (De Juan *et al*, 2003). Asimismo, los diferentes estratos de densidad de plantación documentados, que en peral y manzano oscilan entre 82 y 5.000 árboles/hectárea, determinan diferentes producciones de residuo bruto. En la Tabla 5.101 aparecen reflejadas las cantidades de material vegetal residual producido en cada uno de los estratos de densidad observados en frutales de pepita durante las operaciones de poda y recolección.

Tabla 5.101. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de pepita

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Restos de poda (lb/acre) | | Residuo de cosecha (lb/acre) | |
|--|--------------------------|--------|------------------------------|--------|
| | Min | Max | Min | Max |
| < 200 | 1.111 | 2.679 | 185 | 446 |
| 204-416 | 2.732 | 5.572 | 455 | 928 |
| 500-833 | 6.697 | 11.158 | 1.116 | 1.859 |
| 1.000-1.666 | 13.395 | 22.316 | 2.232 | 3.719 |
| 2.000-5.000 | 26.790 | 66.975 | 4.465 | 11.162 |

Como indica la Normativa Técnica de Producción Integrada en Frutales de Pepita (Ezquerro *et al*, 2014), los restos de poda deben ser retirados de la parcela, recomendándose el posterior troceado y triturado de los mismos. Esta labor deja en la parcela una cantidad de residuo vegetal ínfima, de manera que el potencial protector de esta densa capa de mulch se pierde y el suelo de las explotaciones de frutal de pepita que no contempla el sistema de cubiertas vegetales permanece desnudo la mayor parte del año.

Por otra parte es importante aclarar que, debido a la variedad de densidades de plantación en peral y manzano los resultados ofrecidos en las tablas 5.102 y 5.104 son valores promedios globales, para facilitar su comprensión. Igualmente, las tablas 5.103 y 5.105 muestran los ratios mínimos y máximos obtenidos en el cómputo de SC durante las etapas productivas y las temporadas de labores agrarias.

Como ya se ha señalado en el apartado del subfactor SR, el sistema de explotación característico de los frutales de pepita en La Rioja es el sistema de cubiertas vegetales (81,9%), seguido a gran distancia por el laboreo mínimo (5%) y la labranza tradicional (2,6%). Debido a la reducida presencia de ambos sistemas y a la dificultad de localizar espacialmente el emplazamiento de dichas explotaciones mediante los visores del SIGPAC (Sistema de Información de Parcelas Agrícolas del Gobierno de La Rioja) y del Inventario de Frutales, se ha asumido que el total de las explotaciones cartografiadas de peral y manzano emplean el sistema de cubiertas.

La Tabla 5.102 muestra el número de intervalos de pedregosidad representados en peral con cubierta, que presentan porcentajes muy heterogéneos. En lo referente a la distribución mensual de los valores de SC se aprecian diferencias significativas entre los meses en los que no se realiza labor agrícola alguna y las temporadas de poda y recolección. En efecto, el volumen de material vegetal que permanece en la parcela tras

la poda conlleva valores de SC inferiores al promedio. Dichas operaciones suelen iniciarse bien entrado el invierno para asegurar una buena fructificación en la temporada siguiente. El segundo pico de SC mínima coincide con la época de recolección, que tiene diferente fecha de inicio en función de la variedad cultivada. Así, las variedades de pera temprana Morettini, Ercolini y Limonera pueden empezar a almacenarse a partir de julio, mientras que la recolección de las variedades Blanquilla y Conferencia tiene lugar a finales de agosto.

Tabla 5.102. Valores de SC en peral con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,63 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,36 | 0,36 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| 10-20 | 0,44 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,24 | 0,24 | 0,65 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| 20-30 | 0,34 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,20 | 0,20 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 30-40 | 0,25 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,16 | 0,16 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| 50-60 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,15 | 0,15 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |

Tabla 5.103. Intervalos de SC en peral con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Feb-Jul | Cosecha | Sep-Dic |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,41-0,82 | 0,86-0,92 | 0,13-0,65 | 0,86-0,92 |
| 10-20 | 0,28-0,58 | 0,53-0,71 | 0,09-0,41 | 0,53-0,71 |
| 20-30 | 0,19-0,46 | 0,40-0,52 | 0,06-0,39 | 0,40-0,52 |
| 30-40 | 0,18-0,32 | 0,29-0,37 | 0,07-0,25 | 0,29-0,37 |
| 50-60 | 0,18 | 0,19 | 0,15 | 0,19 |

La práctica totalidad de los intervalos de pedregosidad, a excepción de la fracción superior a 60%, se encuentran representados en las parcelas que cultivan manzanos (Tabla 5.104). Al igual que en el peral, se observan dos fases con valores de SC mensual inferior al promedio: enero, mes habitual de las operaciones de poda, y mediados-finales de verano, cuando tiene lugar la recolección de la manzana. De hecho, la temporada se inicia en agosto con la cosecha de la variedad Royal Gala, y continúa en septiembre con las variedades Golden y Fuji, prolongándose hasta octubre con la maduración de la variedad Reineta.

Tabla 5.104. Valores de SC en manzano con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,64 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,41 | 0,41 | 0,91 | 0,91 | 0,91 |
| 5-10 | 0,39 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,17 | 0,17 | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| 10-20 | 0,34 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,17 | 0,17 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| 20-30 | 0,27 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,13 | 0,13 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 30-40 | 0,15 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,06 | 0,06 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 40-50 | 0,14 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,06 | 0,06 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |

Tabla 5.105. Intervalos de SC en manzano con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Feb-Jul | Cosecha | Sep-Dic |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,50-0,78 | 0,90-0,92 | 0,21-0,60 | 0,90-0,92 |
| 5-10 | 0,39 | 0,73 | 0,17 | 0,64 |
| 10-20 | 0,22-0,48 | 0,59-0,67 | 0,07-0,29 | 0,59-0,67 |
| 20-30 | 0,18-0,36 | 0,40-0,50 | 0,07-0,21 | 0,40-0,50 |
| 30-40 | 0,09-0,20 | 0,29-0,37 | 0,03-0,07 | 0,29-0,37 |
| 40-50 | 0,14-0,15 | 0,22-0,25 | 0,06-0,06 | 0,22-0,25 |

M) Subfactor SC en frutales de hueso

En frutales de hueso la cantidad de residuo producido en las operaciones poda y durante la cosecha es similar a la estimada en frutales de pepita (Lafarga *et al*, 2009 y De Juan *et al*, 2003), si bien los estratos de densidad de plantación oscilan entre 204-2.500 árboles/ha en melocotonero y nectarino, 100-5.000 árboles/ha en cerezo y guindo y 178-2.500 árboles/ha en ciruelo. Esta variedad de opciones supone una cantidad inicial de residuo bruto enormemente variable en función del número de árboles/hectárea de la parcela. En la Tabla 5.106 se muestran las cantidades estimadas de desecho vegetal para los diferentes estratos de densidad de los frutales de hueso.

Tabla 5.106. Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en frutales de hueso

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Restos de poda (lb/acre) | | Residuo de cosecha (lb/acre) | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|------------------------------|--------|
| | Min | Max | Min | Max |
| < 200 | 1.339 | 2.679 | 183 | 466 |
| 204-476 | 2.732 | 6.376 | 455 | 928 |
| 500-833 | 6.697 | 11.158 | 1.116 | 1.859 |
| 1.000-1.666 | 13.395 | 22.316 | 2.232 | 3.719 |
| 2.000-2.500 | 26.790 | 33.487 | 4.465 | 5.581 |
| 3.333-5.000 | 44.645 | 66.975 | 7.440 | 11.162 |

Al igual que ocurre en los frutales de pepita, la normativa obliga a la retirada de la totalidad de restos vegetales producto de las podas (Ezquerro Herreros *et al*, 2014), mientras que los generados en la cosecha, dada su escaso volumen, permanecen en la superficie de la parcela hasta el posterior enterrado del 70-95% del total en sistemas de laboreo convencional o mínimo.

Según datos de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) en 2011, el porcentaje de plantaciones de frutal de hueso en las que se empleaba el sistema de cubiertas vegetales fue de 52,9%, mientras que en el 21,7% se utilizaba el laboreo mínimo y en el 9,5% la labranza tradicional. Así pues, y tomando como referencia los visores regionales anteriormente mencionados, se identificaron y cartografiaron los distintos espacios que empleaban uno u otro sistema, para, a continuación, relacionarlos con la variable de unidades homogéneas de suelo. No obstante, es importante señalar la dificultad y las limitaciones que implican esta labor ya que la baja resolución de las imágenes aéreas y satelitales empleadas como base suponen un factor limitante que ha podido influir en los resultados de la cartografía final.

Las de explotaciones de melocotonero y nectarino en las que se emplea el sistema de cubiertas vegetales presentan intervalos de pedregosidad muy bajos, medios y medio-altos (Tabla 5.107). Al igual que ocurre en el conjunto de especies leñosas y debido a la compleja distribución del mosaico de frutales, los datos presentes en esta tabla son valores promedio globales para todos los estratos de densidad de plantación observados. La relación de rangos mínimos y máximos obtenidos del cómputo de SC en las diferentes etapas productivas se presentan en la Tabla 5.108.

Respecto a la distribución mensual del subfactor se observan dos periodos que acusan los ratios mínimos de SC. Los valores de enero, el mes de las operaciones de poda, son entre 3 y 1 décimas inferiores a los valores obtenidos durante el periodo productivo, mientras que los valores de fines de la primavera-principios de verano, temporada de la cosecha, difieren entre 39 y 16 décimas. Esta diferencia notable entre ratios de SC en meses de laboreo se debe a que la práctica totalidad del residuo producto de la cosecha, pese a ser 6 veces inferior que la generada en la poda, permanece en la parcela sin ser eliminado o enterrado por la maquinaria agrícola.

Tabla 5.107. Valores de SC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,86 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,50 | 0,50 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| 10-20 | 0,69 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,42 | 0,42 | 0,71 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 |
| 20-30 | 0,50 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,33 | 0,33 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 |
| 30-40 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,19 | 0,19 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |

Tabla 5.108. Intervalos de SC en melocotonero y nectarino con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Feb-Abr | Cosecha | Jun-Dic |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,81-0,89 | 0,86-0,91 | 0,35-0,61 | 0,86-0,91 |
| 10-20 | 0,53-0,69 | 0,53-0,72 | 0,24-0,42 | 0,53-0,72 |
| 20-30 | 0,37-0,50 | 0,40-0,52 | 0,16-0,31 | 0,40-0,52 |
| 30-40 | 0,31-0,36 | 0,32-0,37 | 0,17-0,24 | 0,32-0,37 |

Las explotaciones de melocotonero y nectarino en laboreo mínimo cuentan con porcentajes bajos y medios de pedregosidad (Tabla 5.109). La mayor parte de sus suelos tiene un contenido en elementos gruesos de 20-30% y valores de SC comprendidos entre 0,48 de máxima y 0,28 de mínima (SC pmed = 0,46). Los picos mínimos de SC aparecen en las mismas fechas que en parcelas con cubierta vegetal, aunque presentan una variabilidad más reducida. Así pues, los valores de enero difieren de los valores de la etapa productiva en 2 y 1 décimas, mientras que los valores de la temporada de cosecha difieren en 13 y 11 décimas; diferencia que pudiera ser más contrastada de no producirse semanas después de la cosecha el mullido del terreno con cultivador, que incorpora al suelo el 75% del residuo vegetal.

Tabla 5.109. Valores de SC en melocotonero y nectarino con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,42 | 0,42 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| 20-30 | 0,45 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,28 | 0,28 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 |
| 30-40 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,24 | 0,24 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 |

Tabla 5.110. Intervalos de SC en melocotonero y nectarino en laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Feb-Abr | Cosecha | Jun-Dic |
|--------|-----------|---------|-----------|---------|
| 0-5 | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,52 | 0,53 | 0,42 | 0,53 |
| 20-30 | 0,37-0,48 | 0,50 | 0,18-0,33 | 0,50 |
| 30-40 | 0,35 | 0,36 | 0,24 | 0,37 |

Las parcelas dedicadas al cultivo del cerezo y el guindo que emplean el sistema de cubiertas vegetales muestran la presencia mayoritaria de suelos con un contenido medio en elementos gruesos (Tabla 5.111). Al igual que en todas las especies leñosas cultivadas con cubierta, la distribución mensual de SC presenta dos periodos con valores inferiores al promedio: el mes de la poda y el mes de la recolección. Los ratios de marzo (poda) difieren entre 2 y 15 décimas respecto a los valores del periodo productivo, mientras que los valores de junio (recolección) son entre 6 y 37 décimas más bajos, es decir, la cubierta superficial de este mes es más efectiva para reducir la energía erosiva de la gota de lluvia y frenar la escorrentía. Esta diferencia entre valores, al igual que en melocotonero y nectarino, se debe al mantenimiento de la práctica totalidad del residuo de cosecha en superficie.

Tabla 5.111. Valores de SC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,89 | 0,74 | 0,89 | 0,89 | 0,52 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| 5-10 | 0,74 | 0,74 | 0,54 | 0,74 | 0,74 | 0,30 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 |
| 10-20 | 0,60 | 0,60 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,37 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 20-30 | 0,44 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,44 | 0,27 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 30-40 | 0,32 | 0,32 | 0,27 | 0,32 | 0,32 | 0,20 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 40-50 | 0,28 | 0,28 | 0,23 | 0,28 | 0,28 | 0,16 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 50-60 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |

Tabla 5.112. Intervalos de SC en cerezo y guindo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Abr-May | Cosecha | Jul-Feb |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,58-0,84 | 0,86-0,92 | 0,27-0,72 | 0,86-0,92 |
| 5-10 | 0,54 | 0,74 | 0,30 | 0,74 |
| 10-20 | 0,36-0,64 | 0,53-0,71 | 0,10-0,53 | 0,53-0,71 |
| 20-30 | 0,31-0,44 | 0,39-0,50 | 0,19-0,34 | 0,39-0,50 |
| 30-40 | 0,18-0,35 | 0,29-0,38 | 0,08-0,29 | 0,29-0,38 |
| 40-50 | 0,19-0,26 | 0,26-0,28 | 0,09-0,22 | 0,26-0,28 |
| 50-60 | 0,15-0,18 | 0,18-0,20 | 0,11-0,14 | 0,18-0,20 |

La superficie de cerezo y guindo bajo labranza mínima presenta un contenido en piedras y gravas muy variable (Tabla 5.113). A diferencia de las explotaciones de cerezo y guindo con cubierta vegetal, existe una mayor variabilidad mensual del subfactor SC debido a la perturbación que suponen las actividades agrarias en la rugosidad del suelo y la cantidad final de residuo que permanece en superficie tras el paso de la maquinaria. De hecho, suelen darse entre una y dos pasadas anuales con grada ligera, normalmente a mediados de invierno y mediados de verano, coincidiendo con las operaciones de poda e inmediatamente después de la recolección de la cereza con el fin de incorporar al suelo el 50% del residuo vegetal.

Tabla 5.113. Valores de SC en cerezo y guindo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,91 | 0,68 | 0,79 | 0,91 | 0,91 | 0,58 | 0,63 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 |
| 5-10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,55 | 0,33 | 0,43 | 0,55 | 0,55 | 0,26 | 0,29 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| 20-30 | 0,42 | 0,29 | 0,36 | 0,43 | 0,43 | 0,24 | 0,27 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 30-40 | 0,32 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,32 | 0,26 | 0,27 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 40-50 | 0,27 | 0,13 | 0,19 | 0,28 | 0,28 | 0,09 | 0,11 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 50-60 | 0,20 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,14 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Tabla 5.114. Intervalos de SC en cerezo y guindo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Grada ligera | Poda | Abr-May | Cosecha | Grada ligera | Ago-Ene |
|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| 0-5 | 0,65-0,70 | 0,77-0,80 | 0,91 | 0,54-0,61 | 0,60-0,66 | 0,91 |
| 5-10 | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,24-0,39 | 0,36-0,49 | 0,53-0,60 | 0,17-0,32 | 0,20-0,36 | 0,53-0,60 |
| 20-30 | 0,28-0,30 | 0,34-0,37 | 0,40-0,45 | 0,23-0,24 | 0,26-0,27 | 0,40-0,45 |
| 30-40 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,26 | 0,27 | 0,32 |
| 40-50 | 0,13 | 0,19 | 0,28 | 0,09 | 0,11 | 0,28 |
| 50-60 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,14 | 0,15 | 0,20 |

En el cultivo del ciruelo, es julio, mes de inicio de la recolección, el que registra los valores más moderados del subfactor (Tabla 5.115), debido a la incorporación en superficie del total de la producción de desechos vegetales, si bien los valores de febrero, mes de la poda, también se encuentran por debajo del promedio.

Tabla 5.115. Valores de SC en ciruelo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,92 | 0,82 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,66 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| 10-20 | 0,72 | 0,68 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,59 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| 20-30 | 0,48 | 0,44 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,37 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| 30-40 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,27 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| 40-50 | 0,26 | 0,24 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,20 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 50-60 | 0,20 | 0,19 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Tabla 5.116. Intervalos de SC en ciruelo con cubierta vegetal por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar-Jun | Cosecha | Ago-Ene |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,68-0,82 | 0,86-0,92 | 0,37-0,66 | 0,86-0,92 |
| 10-20 | 0,47-0,68 | 0,53-0,71 | 0,31-0,59 | 0,53-0,71 |
| 20-30 | 0,35-0,44 | 0,39-0,48 | 0,27-0,37 | 0,39-0,48 |
| 30-40 | 0,19-0,31 | 0,29-0,33 | 0,09-0,27 | 0,29-0,33 |
| 40-50 | 0,24 | 0,26 | 0,19-0,21 | 0,26 |
| 50-60 | 0,19 | 0,20 | 0,16 | 0,20 |

Las parcelas que cultivan ciruelo en régimen de laboreo mínimo registran los mayores ratios de SC en los meses en los que no se realiza práctica agrícola alguna (SC= 0,31), mientras que el valor mínimo de 0,21 coincide con el mes de la cosecha. La distribución mensual del subfactor SC muestra, a diferencia de las parcelas con cubierta vegetal,

cuatro periodos con valores inferiores al promedio. Dos de ellos coinciden con las temporadas, ya mencionadas, de poda y recolección, mientras que los dos siguientes se corresponden con las operaciones agrícolas ejecutadas con grada ligera en marzo y septiembre. Dichas labores, realizadas inmediatamente después de la poda y la cosecha, entierran el 50% del residuo superficial a la vez que contribuyen a incrementar la rugosidad del suelo haciéndolo menos vulnerable a la erosión hídrica. Es por ello que los valores del laboreo mínimo son inferiores a los obtenidos documentados en cubiertas vegetales.

Tabla 5.117. Valores de SC en ciruelo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,53 | 0,49 | 0,50 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,42 | 0,53 | 0,44 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| 20-30 | 0,46 | 0,42 | 0,43 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,34 | 0,46 | 0,36 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 30-40 | 0,31 | 0,27 | 0,28 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,21 | 0,31 | 0,23 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 40-50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 50-60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 5.118. Intervalos de SC en ciruelo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Grada ligera | Abr-Jun | Cosecha | Ago | Grada ligera | Oct-Ene |
|--------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| 0-5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10-20 | 0,49 | 0,50 | 0,53 | 0,41-0,42 | 0,53 | 0,43-0,44 | 0,53 |
| 20-30 | 0,41-0,42 | 0,42-0,43 | 0,45-0,48 | 0,32-0,36 | 0,45-0,48 | 0,35-0,38 | 0,45-0,48 |
| 30-40 | 0,19-0,31 | 0,21-0,31 | 0,29-0,33 | 0,09-0,27 | 0,29-0,33 | 0,11-0,28 | 0,29-0,33 |
| 40-50 | - | - | - | - | - | - | - |
| 50-60 | - | - | - | - | - | - | - |

N) Subfactor SC en olivo

Según De la Puerta (2005), la poda del olivo supone una producción de gran cantidad de restos compuestos por leñas y ramones que tradicionalmente han sido aprovechados como combustibles del hogar y alimento para el ganado. Para De Juan *et al* (2003) la cantidad de residuo producto de la poda es de 30 kg/árbol (lb/árbol), mientras que para Lafarga *et al* (2009) los restos generados por la recolección tradicional por vareo de los frutos adheridos a las ramas se estiman en 8 kg/árbol (17,63 lb/árbol). De igual manera, las diferentes densidades de plantación utilizadas en el espacio olivícola riojano, que

oscilan entre mínimas de 44 árboles/ha y máximas de 10.000 árboles/ha, determinan una producción de restos vegetales enormemente variable, tal y como aparece reflejado en la Tabla 5.119.

Tabla 5.119 Cantidad de residuo bruto generado en las operaciones agrícolas en olivar

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Restos de poda (lb/acre) | | Residuo de cosecha (lb/acre) | |
|-------------------------------------|--------------------------|---------|------------------------------|--------|
| | Min | Max | Min | Max |
| < 100 | 1.178 | 2.679 | 314 | 714 |
| 104-185 | 2.705 | 4.956 | 721 | 1.321 |
| 204-333 | 5.465 | 8.921 | 1.457 | 2.378 |
| 357-833 | 9.564 | 22.316 | 2.550 | 22.316 |
| 1.000-1.666 | 26.790 | 44.632 | 7.144 | 11.901 |
| 2.000-3.333 | 53.580 | 89.291 | 14.288 | 23.810 |
| 5.000-10.000 | 133.950 | 267.900 | 35.720 | 71.440 |

Si bien no existe una normativa regional específica para gestión de las plantaciones de olivo, las recomendaciones generales del Decreto 53/2001 del 21 de diciembre de Producción Integrada en productos agrarios en la Comunidad Autónoma de La Rioja aconsejan la eliminación de los restos de poda fuera de la parcela. Tradicionalmente, dichos restos leñosos se quemaban en la misma finca, práctica que hoy se prohíbe al igual que el abandono del material desechable. En la actualidad la actuación más eficiente consiste en utilizar los restos de poda para la producción energética debido al poder calorífico de la leña de olivo.

Los resultados de SC que se ofrecen a continuación son valores promedio globales (Tabla 5.121 y Tabla 5.123), dada la imposibilidad de reflejar los resultados obtenidos en cada parcela de olivo. Los ratios mínimos y máximos computados en el total de las explotaciones observadas se muestran en las tablas 5.122 y 5.124.

Las principales técnicas de cultivo en el olivar riojano son el laboreo mínimo (39,8%) y la labranza tradicional (39,8%), seguidas a cierta distancia por las cubiertas vegetales (21,9%) y las superficies que no tienen mantenimiento alguno o se encuentran abandonadas (14,8%). La metodología utilizada para la localización de los sistemas de manejo documentados es la misma que la citada en el resto de cultivos leñosos. A partir de los visores del SIGPAC y del Inventario de Frutales, se distinguieron dos situaciones claramente diferenciadas. En primer lugar la labranza de los espacios entre líneas de las

parcelas de olivar deja completamente expuesta la superficie del suelo, mientras que en explotaciones que optan por una agricultura conservacionista el suelo se encuentra protegido por una capa de vegetación adventicia o sembrada. Puesto que la labranza tradicional cada vez cuenta con menos adeptos entre los olivicultores, se determinó que todas las parcelas con suelo parcialmente expuesto utilizan el sistema de labranza mínima, al igual que el sistema de cubiertas vegetales se ha asignado a las parcelas con suelos colonizados por la vegetación.

El olivo en régimen de labranza convencional y mínima se presenta sobre intervalos de pedregosidad muy heterogéneas (Tabla 5.120). La distribución de los valores mensuales del subfactor SC, con cuatro meses que registran tasas inferiores al promedio, muestra la mayor variabilidad entre ratios documentada en cultivos de La Rioja. De hecho, los valores obtenidos durante la etapa productiva son entre 8 y 60 décimas superiores respecto a los valores registrados durante la recolección efectuada en noviembre ya que el volumen de residuo generado por ejemplar es el más elevado del área de estudio. El segundo periodo más favorable al control de la erosión hídrica coincide con las operaciones de poda de febrero, labor que genera una enorme cantidad de residuo, el 95% del cual es retirado para su aprovechamiento energético restando en la parcela una cantidad enormemente variable de material desechable (Tabla 5.122).

Tabla 5.120. Valores de SC en olivo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,89 | 0,65 | 0,89 | 0,69 | 0,89 | 0,89 | 0,73 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,29 | 0,89 |
| 5-10 | 0,77 | 0,57 | 0,77 | 0,60 | 0,77 | 0,77 | 0,64 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,26 | 0,77 |
| 10-20 | 0,62 | 0,50 | 0,62 | 0,52 | 0,62 | 0,62 | 0,54 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,26 | 0,62 |
| 20-30 | 0,47 | 0,37 | 0,47 | 0,38 | 0,47 | 0,47 | 0,40 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,18 | 0,47 |
| 30-40 | 0,32 | 0,26 | 0,32 | 0,26 | 0,32 | 0,32 | 0,28 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,14 | 0,32 |
| 40-50 | 0,26 | 0,21 | 0,26 | 0,22 | 0,26 | 0,26 | 0,23 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,12 | 0,26 |
| 50-60 | 0,19 | 0,15 | 0,19 | 0,15 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,08 | 0,19 |

Tabla 5.121. Intervalos de SC en olivo con laboreo mínimo por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar | Cultivador | May-Jun | Cultivador | Ago-Oct | Cosecha | Dec-Ene |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,32-0,81 | 0,68-0,93 | 0,40-0,83 | 0,68-0,93 | 0,48-0,86 | 0,68-0,93 | 0,05-0,52 | 0,68-0,93 |
| 5-10 | 0,36-0,68 | 0,73-0,80 | 0,42-0,70 | 0,73-0,80 | 0,49-0,72 | 0,73-0,80 | 0,07-0,36 | 0,73-0,80 |
| 10-20 | 0,25-0,66 | 0,53-0,72 | 0,29-0,67 | 0,53-0,72 | 0,34-0,68 | 0,53-0,72 | 0,04-0,46 | 0,53-0,72 |
| 20-30 | 0,13-0,48 | 0,40-0,53 | 0,17-0,48 | 0,40-0,53 | 0,21-0,49 | 0,40-0,53 | 0,02-0,34 | 0,40-0,53 |
| 30-40 | 0,10-0,34 | 0,29-0,37 | 0,12-0,34 | 0,29-0,37 | 0,15-0,35 | 0,29-0,37 | 0,02-0,25 | 0,29-0,37 |
| 40-50 | 0,07-0,24 | 0,25-0,28 | 0,09-0,24 | 0,25-0,28 | 0,11-0,25 | 0,25-0,28 | 0,01-0,17 | 0,25-0,28 |
| 50-60 | 0,05-0,19 | 0,17-0,20 | 0,07-0,18 | 0,17-0,20 | 0,09-0,19 | 0,17-0,20 | 0,01-0,13 | 0,17-0,20 |

Tabla 5.122. Cantidad de residuo neto de poda en superficie

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Restos de poda (lb/acre) | |
|--|--------------------------|---------|
| | Min | Max |
| < 100 | 58,9 | 133 |
| 104-185 | 135 | 247 |
| 204-333 | 273 | 446 |
| 357-833 | 478 | 1.115 |
| 1.000-1.666 | 1.339 | 2.231 |
| 2.000-3.333 | 2.679 | 4.464 |
| 5.000-10.000 | 6.697 | 133.950 |

En las parcelas de olivo con cubierta vegetal la distribución mensual de los valores de SC revela dos únicos periodos con valores inferiores al promedio, la poda y la cosecha, si bien la variabilidad entre ratios es tan acusada como la del caso anterior.

Tabla 5.123. Valores de SC en olivo con cubierta por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-5 | 0,91 | 0,83 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,57 | 0,91 |
| 10-20 | 0,63 | 0,59 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,43 | 0,63 |
| 20-30 | 0,48 | 0,45 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,33 | 0,48 |
| 30-40 | 0,33 | 0,30 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,19 | 0,33 |
| 40-50 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,18 | 0,25 |

Tabla 5.124. Intervalos de SC en olivo con cubierta por intervalos de pedregosidad (Pe)

| Pe (%) | Poda | Mar-Oct | Cosecha | Dic-Ene |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-5 | 0,78-0,88 | 0,90-0,92 | 0,42-0,71 | 0,90-0,92 |
| 10-20 | 0,55-0,62 | 0,60-0,66 | 0,38-0,48 | 0,60-0,66 |
| 20-30 | 0,42-0,47 | 0,47-0,50 | 0,28-0,36 | 0,47-0,50 |
| 30-40 | 0,27-0,35 | 0,29-0,38 | 0,13-0,26 | 0,29-0,38 |
| 40-50 | 0,24 | 0,25 | 0,18 | 0,25 |

Para concluir con el subfactor SC y tras el análisis de los datos obtenidos, podemos afirmar que, ante una misma cantidad de residuos vegetales, el valor de SC aumenta conforme lo hace el contenido en fracción gruesa de los suelos. De igual forma, los valores mínimos de SC de todos los intervalos de pedregosidad analizados se corresponden con las temporadas de recolección y poda, es decir, cuando se genera una cantidad variable de residuo que permanece en la parcela hasta su posterior eliminación manual en el caso de los leñosos o su incorporación al suelo en el caso de los herbáceos.

Asimismo, existen marcadas diferencias entre los valores obtenidos en los diferentes sistemas de manejo. Los valores más reducidos de SC predominan en las explotaciones que emplean la labranza mínima, resultados explicables por la influencia de la rugosidad superficial (Ru) generada por las diferentes actividades agrarias, que contribuye a elevar levemente el valor final del subfactor SC.

5.2.6. El factor C anual en los cultivos riojanos

A partir de todos los subfactores anteriores, se pudo calcular el factor C para el espacio agrícola riojano. Con este fin se ha utilizado la fórmula propuesta por Renard *et al* (1996), que establece los valores de pérdida de suelos mensuales (SLR):

$$SLR = PLU * CC * SM * SR * SC$$

Sin embargo, para cultivos con una cubierta vegetal variable a lo largo del año se hace necesario la estimación del factor C para cada intervalo de tiempo, ponderando con la erosividad acumulada de los diferentes periodos. El valor promedio anual de este factor, que oscila entre 0 (efectividad total de control de la erosión) y 1 (efectividad nula), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = (SLR_1 * EI_1 + SLR_2 * EI_2 + SLR_3 * EI_3 + \dots + SLR_n * EI_n) / EI_t$$

Donde C es el valor promedio anual del factor C, SLR es el valor de pérdida de suelos en cada mes del año, EI es la erosividad mensual y EI_t es la erosividad anual.

Para valorar en detalle la distribución de los valores del factor C se ha considerado oportuno establecer una división del espacio agrario basada en el área de influencia de 15 de las 16 estaciones meteorológicas y agroclimáticas utilizadas para el cálculo del factor R, a excepción del observatorio de Ezcaray, que no ha sido utilizado debido a su lejanía de los espacios cultivados. Los resultados del análisis de factor C en cada uno de las 15 zonas seleccionadas se muestran a continuación.

A) Zona 1. Estación de Agoncillo

La Zona 1 se localiza al norte de la comarca de Rioja Media y comprende los términos municipales de Agoncillo, Alcanadre, Arrúbal, Murillo de río Leza y Ribafrecha (Mapa 5.4). El cereal está presente en el 61,7% de su espacio agrario, repartiéndose de forma homogénea entre los distintos términos municipales. A cierta distancia le sigue el viñedo, (24,7% del espacio), que se localiza sobre los glacis medios y altos que flanquean el curso bajo del río Leza, entre Murillo y Ribafrecha, así como las primeras terrazas del Ebro en el término de Alcanadre. La mayor parte de las parcelas de almendro (4,4% del espacio agrícola) y olivo (4,4%) aparecen sobre glacis bajos y

medios, si bien se han documentado algunas explotaciones sobre terrazas medias del río Leza en el término de Ribafrecha, compartiendo el espacio con parcelas de pimiento y forrajes. Hortícolas (1,8%) y cultivos forrajeros (2%) se sitúan en la estrecha llanura aluvial y en las terrazas medias del Leza, así como sobre las terrazas bajas del Ebro.

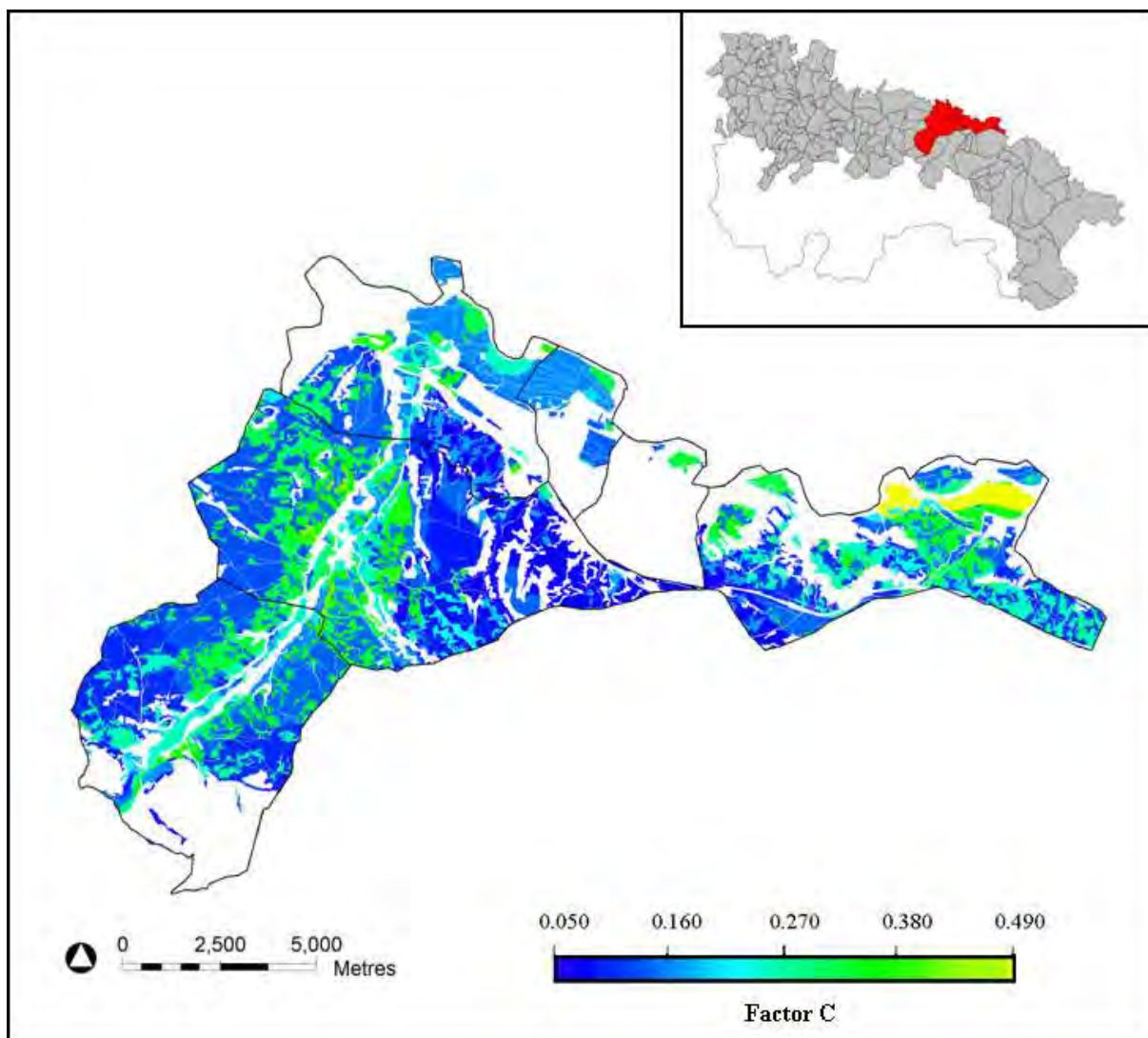
Los valores estimados de C para esta zona oscilan entre un valor mínimo de 0,074 y un máximo de 0,467, siendo la media zonal de 0,245. De hecho, y como se puede apreciar en la Tabla 5.125, el 65,4% de los suelos agrícolas registra valores entre 0,10-0,19, intervalo que representa a la práctica totalidad de los valores obtenidos en cereal, alcachofa y en frutales de hueso con cubierta vegetal. Los intervalos 0,20 a 0,39 son representativos de las explotaciones de forrajeras, alcachofa, coliflor y olivo en laboreo mínimo. El rango más alto observado, 0,40-0,49, es característico de un reducido número de parcelas de viñedo y frutales de fruto seco en laboreo mínimo, situadas sobre suelos con un porcentaje de mulch pedregoso inferior a 5%. Espacialmente, los valores más bajos de C se localizan al sur del término de Alcanadre, este de Murillo de río Leza y noroeste de Ribafrecha. Los más elevados, como puede apreciarse en el Mapa 5.4, aparecen al norte de Alcanadre.

Tabla 5.125. Intervalos de valores del factor C en la Zona 1

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 1.315 | 13,8 |
| 0,10-0,19 | 4.864 | 51,3 |
| 0,20-0,29 | 1.426 | 15,0 |
| 0,30-0,39 | 1.657 | 17,5 |
| 0,40-0,49 | 203 | 2,14 |
| 0,50-0,59 | 0 | 0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.126. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 1

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|-----------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,168 | 0,189 | 0,180 |
| Cereal | - | - | 0,074 | 0,161 | 0,131 |
| Coliflor | - | - | 0,279 | 0,315 | 0,291 |
| Forrajeras | - | - | 0,180 | 0,256 | 0,223 |
| Patata | - | - | 0,194 | 0,268 | 0,231 |
| Pimiento | - | - | 0,184 | 0,255 | 0,219 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,102 | 0,102 | 0,102 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,431 | 0,431 | 0,431 |
| | | Semi-intensivo | 0,110 | 0,427 | 0,317 |
| | | Intensivo | 0,110 | 0,420 | 0,301 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,131 | 0,181 | 0,117 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| | | Intensivo | 0,437 | 0,437 | 0,437 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,337 | 0,337 | 0,337 |
| | | Intensivo | 0,092 | 0,372 | 0,261 |
| | | Muy intensivo | 0,231 | 0,319 | 0,279 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,062 | 0,155 | 0,108 |
| | | Intensivo | 0,092 | 0,180 | 0,136 |
| | | Muy intensivo | 0,190 | 0,190 | 0,190 |
| Vid | Mínimo | | 0,102 | 0,467 | 0,273 |



Mapa 5.4. Valores del factor C en la Zona 1

B) Zona 2. Estación de Aldeanueva de Ebro

La Zona 2 se encuentra al norte de la comarca de Rioja Baja y engloba los municipios ribereños de Aldeanueva de Ebro, Calahorra, El Villar de Arnedo, Rincón de Soto y Tudelilla (Mapa 5.5). Se trata del sector con mayor superficie hortícola de la región. El cereal es el cultivo principal (51,1%), seguido a cierta distancia por el viñedo (26,6%). Los frutales de pepita (7,1%), sobre todo el peral amparado en la Denominación de Origen Peras de Rincón, predominan en los términos de Rincón de Soto, Calahorra y Aldeanueva de Ebro, mientras que los frutales de hueso, en concreto melocotonero, nectarino y cerezo, se cultivan principalmente en Calahorra. La práctica totalidad de los cultivos de la zona se sitúan sobre el aluvial del Ebro a excepción del viñedo, la mayor

parte de las parcelas de olivo (5,2%) y los frutales de fruto seco (4%), emplazados sobre los suelos pedregosos de los glaciares del sector meridional.

La combinación entre los diferentes parámetros de suelos y cultivos ha determinado valores de factor C entre 0,086-0,644, siendo la media zonal de 0,274. Algo más de la mitad del espacio agrícola registra valores de C entre 0,00-0,19, que se corresponden fundamentalmente con las parcelas de cereal y alcachofa, mientras que los intervalos 0,20-0,29 y 0,30-0,39 son representativos de los espacios dedicados a especies forrajeras, patata, cebolla, coliflor, col y repollo, lechuga y escarola, y pimiento. Por otra parte, los rangos entre 0,40-0,49 se identifican con plantaciones de tomate y las máximas obtenidas en olivo en labranza mínima. Los intervalos de 0,50-0,59 y superior a 60 son representativos de los valores máximos encontrados en viñedo y almendro en laboreo mínimo.

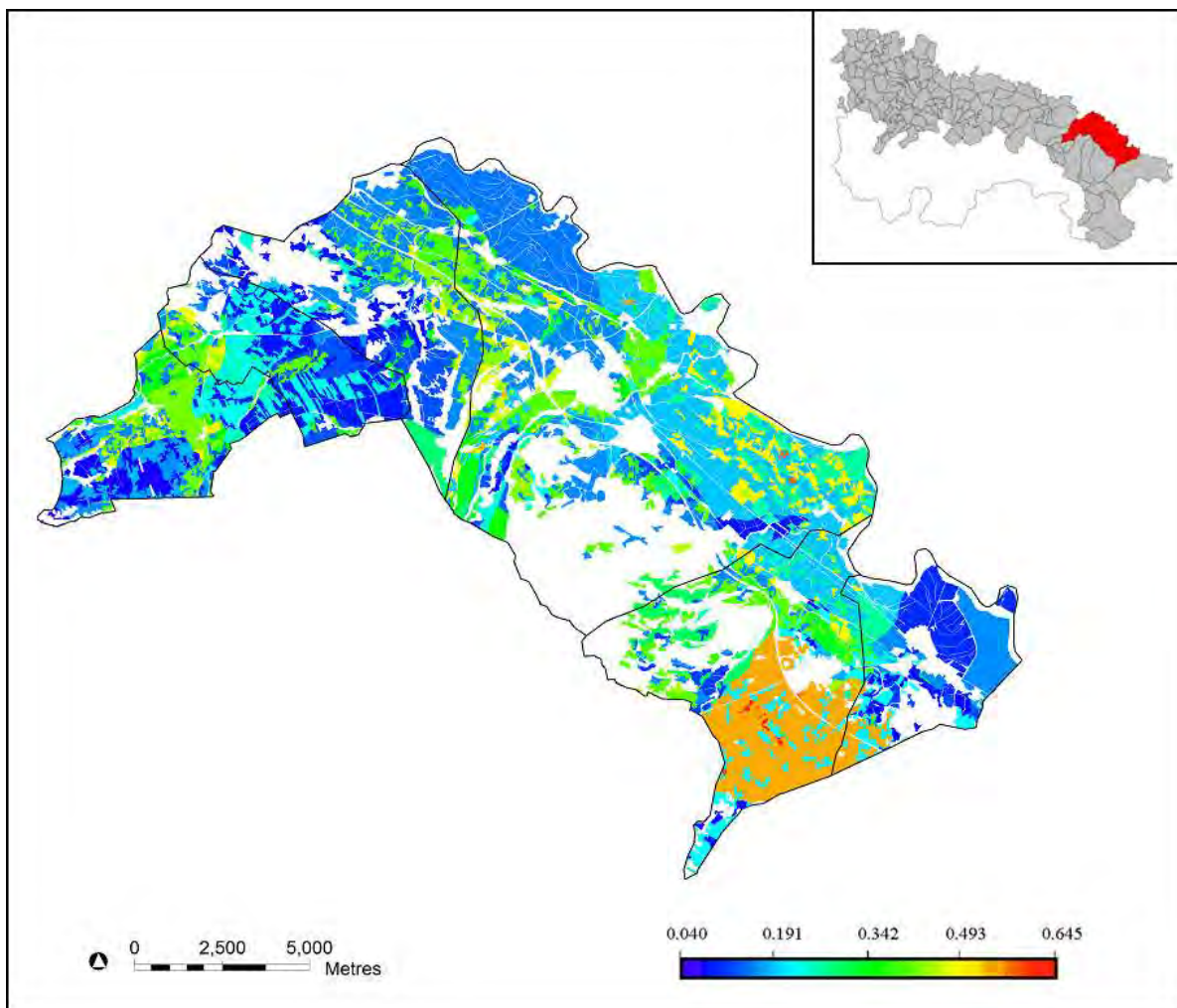
Espacialmente (Mapa 5.5), los valores máximos de C se localizan al sur de Aldeanueva de Ebro, donde confluyen distintas características: baja pedregosidad del suelo, cultivo de dos especies cuyos suelos permanecen desprovistos de cubierta foliar buena parte del año y elección de un sistema de labranza que implica una menor rugosidad superficial y la ausencia de una cubierta protectora de hierbas adventicias.

Tabla 5.127. Intervalos de valores del factor C en la Zona 2

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 1.055 | 7,91 |
| 0,10-0,19 | 6.183 | 46,3 |
| 0,20-0,29 | 1.922 | 14,4 |
| 0,30-0,39 | 879 | 6,59 |
| 0,40-0,49 | 2.100 | 15,7 |
| 0,50-0,59 | 1.184 | 8,87 |
| > 0,60 | 11,2 | 0,08 |

Tabla 5.128. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 2

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,122 | 0,290 | 0,196 |
| Cebolla | - | - | 0,203 | 0,203 | 0,203 |
| Cereal | - | - | 0,087 | 0,211 | 0,140 |
| Col y repollo | - | - | 0,344 | 0,344 | 0,344 |
| Coliflor | - | - | 0,196 | 0,407 | 0,300 |
| Forrajeras | - | - | 0,208 | 0,290 | 0,247 |
| Lechuga y escarola | - | - | 0,363 | 0,423 | 0,393 |
| Patata | - | - | 0,181 | 0,319 | 0,261 |
| Pimiento | - | - | 0,205 | 0,370 | 0,294 |
| Tomate | - | - | 0,390 | 0,471 | 0,422 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,086 | 0,345 | 0,231 |
| | | Semi-intensivo | 0,288 | 0,310 | 0,299 |
| | | Intensivo | 0,270 | 0,304 | 0,286 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,166 | 0,644 | 0,433 |
| | | Semi-intensivo | 0,163 | 0,603 | 0,404 |
| | | Intensivo | 0,242 | 0,593 | 0,434 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,106 | 0,251 | 0,199 |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,133 | 0,157 | 0,145 |
| | Cubierta | Intensivo | 0,148 | 0,284 | 0,234 |
| | Mínimo | Intensivo | 0,281 | 0,281 | 0,281 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,114 | 0,266 | 0,172 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,104 | 0,243 | 0,179 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,181 | 0,181 | 0,181 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,202 | 0,424 | 0,307 |
| | | Intensivo | 0,131 | 0,439 | 0,312 |
| | | Muy intensivo | 0,136 | 0,404 | 0,282 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,131 | 0,320 | 0,245 |
| | | Intensivo | 0,128 | 0,316 | 0,223 |
| | | Muy intensivo | 0,113 | 0,189 | 0,139 |
| Vid | Mínimo | | 0,183 | 0,512 | 0,336 |



Mapa 5.5. Valores del factor C en la Zona 2

C) Zona 3. Estación de Alfaro

La Zona 3 se corresponde con el término municipal de Alfaro, donde se localiza la estación meteorológica del mismo nombre (Mapa 5.6). Se trata de un sector con un mosaico agrario de gran diversidad en el que las plantaciones de frutales de pepita (28,7%) y las especies hortícolas (8%) se reparten por la amplia llanura aluvial del Ebro, mientras que el viñedo (37,1%), el almendro (3,1%) y el olivo (2,7%) se localizan principalmente en el sector occidental de Las Planas. La distribución espacial de los cereales (40,9%) es mucho más heterogénea.

La pedregosidad media de sus suelos se ha estimado en 24,8%. La Tabla 5.129 recoge los valores de C para esta zona. El 65% de su espacio agrario tiene valores reducidos de

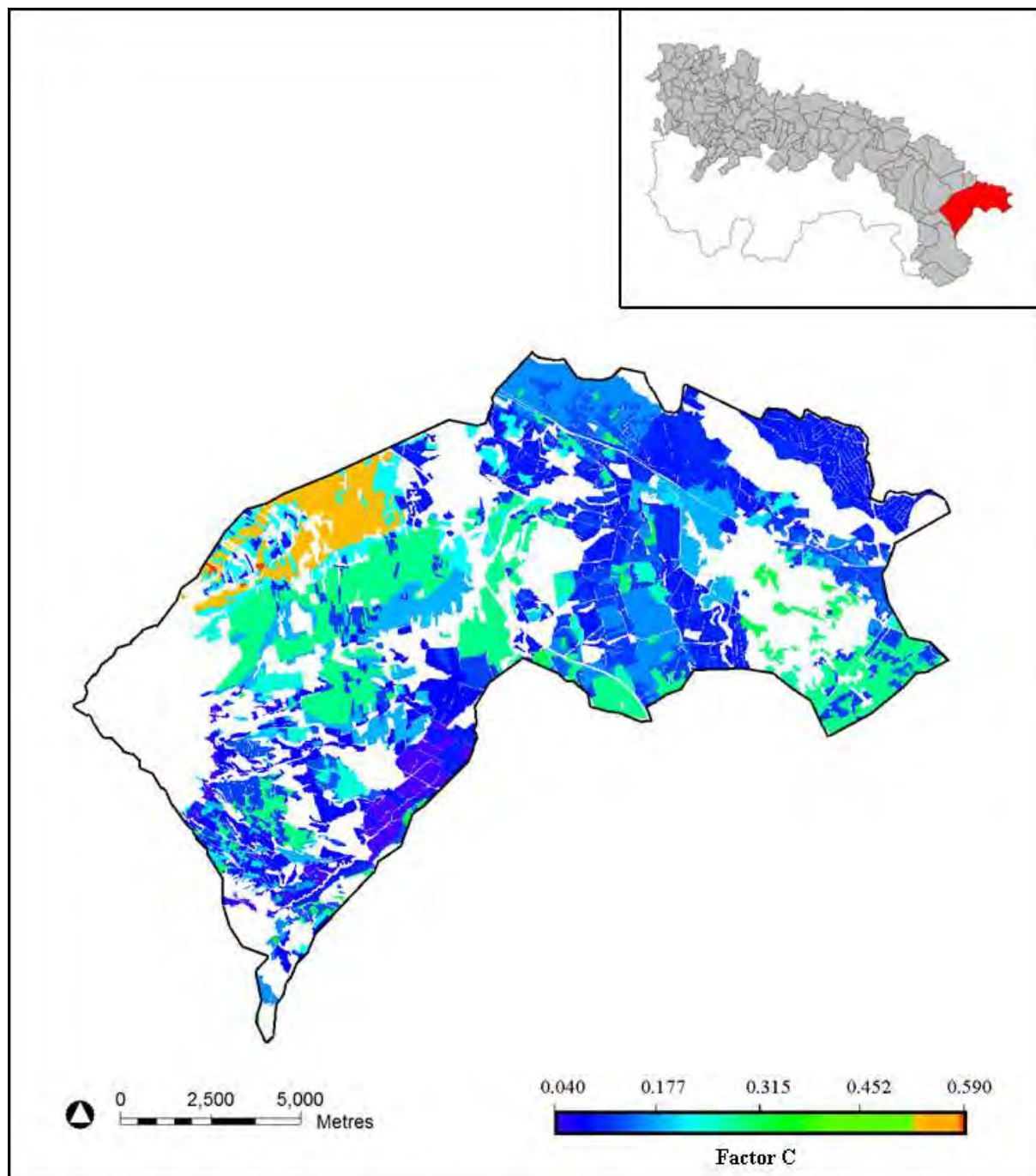
C, el 29,5% presenta valores medios y altos el 5,2%. El valor promedio de C está establecido en 0.187. Los valores más bajos se obtienen en la práctica totalidad de los espacios de cereal y en las superficies dedicadas al cultivo de cebolla, patata y forrajeras, así como en los frutales de hueso y pepita con cubiertas vegetales y en el olivo de alta densidad en laboreo mínimo. Los valores más altos se registran en las parcelas de vid y almendro semi-intensivo en laboreo mínimo situadas al noroeste.

Tabla 5.129. Intervalos de valores del factor C en la Zona 3

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|-------|
| 0,00-0,09 | 3.337 | 27,8 |
| 0,10-0,19 | 4.454 | 37,2 |
| 0,20-0,29 | 3.348 | 27,9 |
| 0,30-0,39 | 193 | 1,61 |
| 0,40-0,49 | 0,28 | 0,002 |
| 0,50-0,59 | 629 | 5,25 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.130. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 3

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,189 | 0,259 | 0,224 |
| Cebolla | - | - | 0,133 | 0,133 | 0,133 |
| Cereal | - | - | 0,046 | 0,240 | 0,121 |
| Forrajeras | - | - | 0,169 | 0,125 | 0,147 |
| Patata | - | - | 0,154 | 0,154 | 0,154 |
| Almendro | Cubierta | Semi-intensivo | 0,105 | 0,105 | 0,105 |
| | | Extensivo | 0,116 | 0,309 | 0,229 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,113 | 0,597 | 0,311 |
| | | Intensivo | 0,102 | 0,328 | 0,258 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,108 | 0,167 | 0,132 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Semi-intensivo | 0,126 | 0,175 | 0,143 |
| | | Intensivo | 0,101 | 0,155 | 0,128 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,332 | 0,332 | 0,332 |
| | | Intensivo | 0,217 | 0,297 | 0,261 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,058 | 0,283 | 0,156 |
| | | Muy intensivo | 0,092 | 0,260 | 0,186 |
| Peral | Cubierta | Intensivo | 0,119 | 0,169 | 0,144 |
| | | Muy intensivo | 0,114 | 0,169 | 0,141 |
| Vid | Mínimo | | 0,103 | 0,510 | 0,260 |



Mapa 5.6. Valores del factor C en la Zona 3

D) Zona 4. Estación de Arnedo

La Zona 4 se corresponde con los municipios que integran el sector occidental de la comarca de Rioja Baja: Arnedo, Autol, Bergasa, Bergasillas Bajera, Herce, Quel y Santa Eulalia Bajera (Mapa 5.7). Se trata de una zona tradicionalmente especializada en

el cultivo del almendro, que ocupa el 36,7% del espacio cultivado, localizándose fundamentalmente en los glacis que conectan el fondo del valle del Cidacos con la vertiente norte de la Sierra de Peñalosa, norte de Bergasa y sureste de Bergasillas Bajera. El viñedo también ocupa extensas superficies (23,5%), siendo mayoritario en los términos de Bergasa, norte de Arnedo y este de Autol. La presencia de frutales de hueso, principalmente cerezo en régimen semi-intensivo e intensivo, se documenta sobre los glacis meridionales de los términos de Arnedo, Quel y Autol. En último lugar, las hortalizas, las especies forrajeras y la patata se concentran en la vega del Cidacos.

La pedregosidad media de sus suelos es de 23,1%. Los valores del factor C se mueven entre 0 y 0,599, con una media global de 0,199. Respecto a su distribución espacial, los más bajos se identifican con parcelas de cereal, alcachofa y frutales de fruto seco, de pepita y de hueso en régimen intensivo y con cubierta vegetal. Los más altos sobre parcelas de leñosos en laboreo mínimo emplazadas sobre suelos escasamente pedregosos (Tabla 5.131).

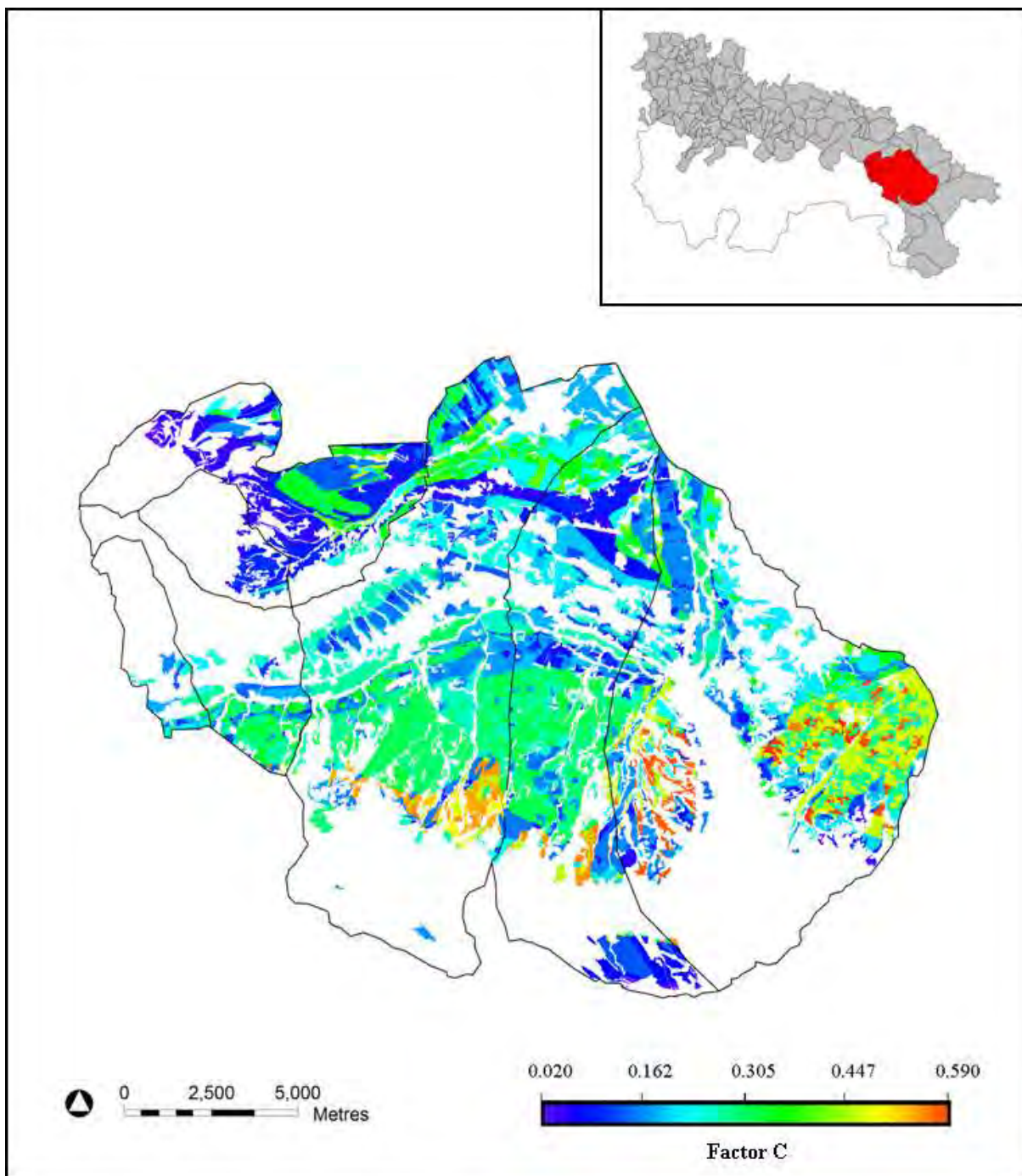
Es evidente que el factor de densidad de plantación resulta de especial interés para explicar la mayor o menor eficacia de las cubiertas vegetales en la reducción de los procesos erosivos. De hecho, es en parcelas de olivo de muy alta densidad (> 10.000 árboles/ha) donde se registran los valores de C más bajos del área de estudio, aún tratándose de olivo en labranza mínima. Igualmente reducidos son los valores obtenidos en olivo intensivo (0,059), viñedo y olivo extensivo (0,092), aunque estos valores responden en gran parte a su localización sobre suelos con un porcentaje de pedregosidad superior al 40%. Al contrario, los valores más importantes se observan en almendro extensivo (0,599), semi-intensivo (0,577) e intensivo (0,547).

Tabla 5.131. Intervalos de valores del factor C en la Zona 4

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 1.651 | 12,7 |
| 0,10-0,19 | 3.493 | 26,9 |
| 0,20-0,29 | 3.687 | 28,4 |
| 0,30-0,39 | 2.559 | 19,7 |
| 0,40-0,49 | 1.028 | 7,92 |
| 0,50-0,59 | 556 | 4,28 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.132. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 4

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,082 | 0,146 | 0,114 |
| Cereal | - | - | 0,059 | 0,289 | 0,159 |
| Coliflor | - | - | 0,140 | 0,388 | 0,216 |
| Forrajeras | - | - | 0,093 | 0,325 | 0,196 |
| Patata | - | - | 0,060 | 0,271 | 0,133 |
| Pimiento | - | - | 0,100 | 0,187 | 0,149 |
| Tomate | - | - | 0,142 | 0,264 | 0,198 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,048 | 0,309 | 0,159 |
| | | Semi-intensivo | 0,118 | 0,277 | 0,172 |
| | | Intensivo | 0,091 | 0,091 | 0,091 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,116 | 0,599 | 0,349 |
| | | Semi-intensivo | 0,103 | 0,577 | 0,287 |
| | | Intensivo | 0,104 | 0,547 | 0,279 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,060 | 0,218 | 0,135 |
| | | Intensivo | 0,084 | 0,138 | 0,111 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,184 | 0,305 | 0,233 |
| | | Intensivo | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| Manzano | Cubierta | Semi-intensivo | 0,265 | 0,265 | 0,265 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,074 | 0,074 | 0,074 |
| Nogal | Cubierta | Semi-intensivo | 0,275 | 0,275 | 0,275 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,158 | 0,350 | 0,253 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,082 | 0,268 | 0,191 |
| | | Intensivo | 0,088 | 0,262 | 0,185 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,092 | 0,447 | 0,252 |
| | | Intensivo | 0,059 | 0,470 | 0,226 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,255 | 0,255 | 0,255 |
| | | Intensivo | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| Vid | Mínimo | | 0,092 | 0,453 | 0,248 |



Mapa 5.7. Valores del factor C en la Zona 4

E) Zona 5. Estación de Casalarreina

La Zona 5 engloba los términos riojalteños de Baños de Rioja, Casalarreina, Castañares de Rioja, Cellorigo, Cuzcurrita de río Tirón, Foncea, Fonzaleche, Galbárruli, Herramélluri, Leiva, Ochánduri, Sajazarra, San Millán de Yécora, Tirgo, Tormantos y

Treviana (Mapa 5.8). Se trata de un sector eminentemente cerealista (82% de la superficie agrícola). La pedregosidad media de sus suelos es del 24,7%, una de las más elevadas a nivel regional, con valores mínimos cercanos a 0 y máximas de 62%. Esta variabilidad de fracciones gruesas determina valores del factor C entre 0,029 y 0,634, estableciéndose la media zonal en 0,203.

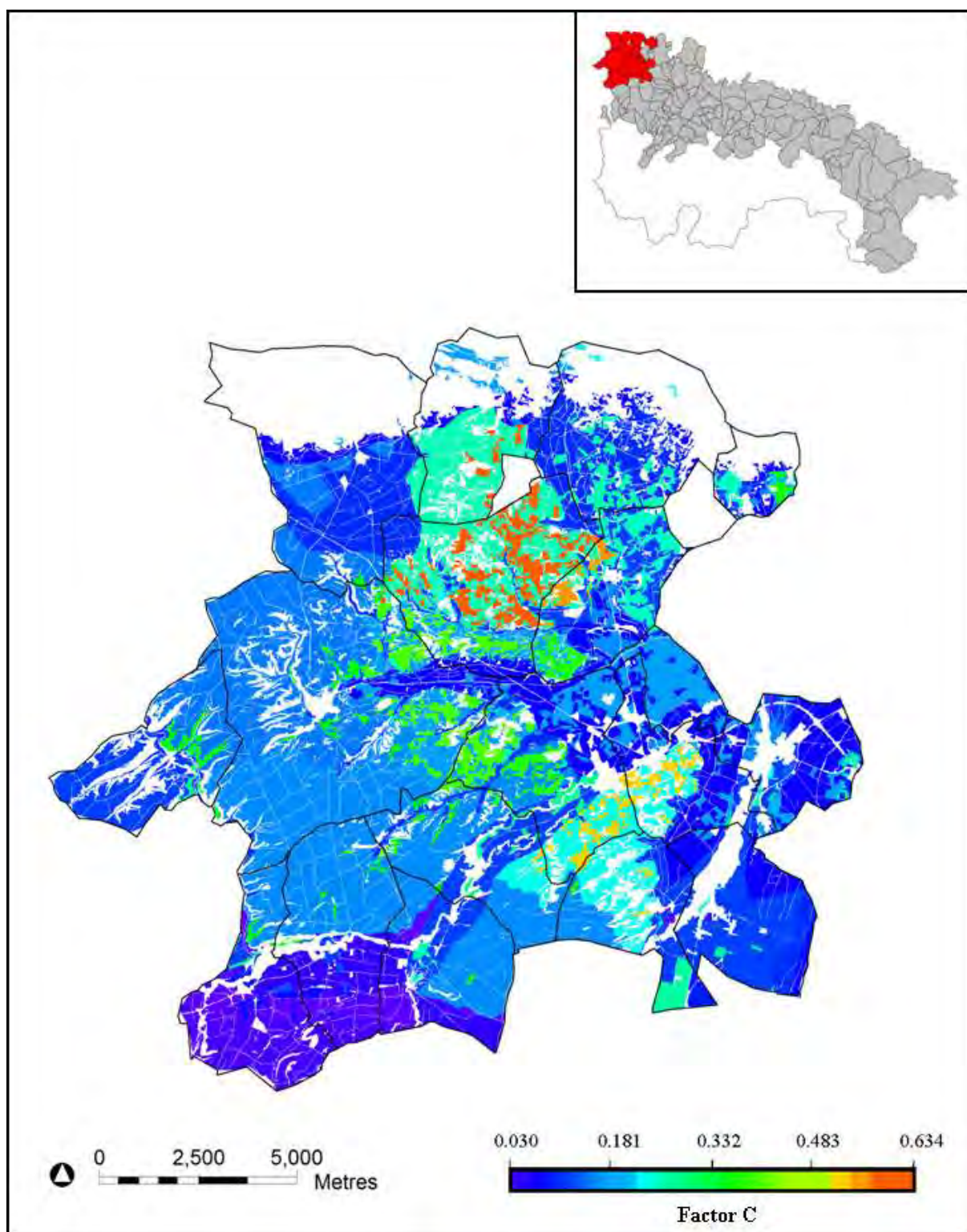
En cuanto a la distribución espacial de dichos valores el 79,1% de los suelos agrícolas se encuentran en el intervalo 0,00-0,19 que representa a la práctica totalidad del cereal, el girasol, la remolacha azucarera, la colza, las parcelas de almendro extensivo y los frutales de pepita con cubierta así como el cerezo y guindo semi-extensivo con cubierta. Los valores más altos de C son escasos (3,3% del espacio agrario), correspondiendo a almendro extensivo y semi-intensivo en labranza mínima, y viñedo (Tabla 5.133).

Tabla 5.133 Intervalos de valores del factor C en la Zona 5

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|-------|
| 0.00-0.09 | 3.525 | 20,1 |
| 0.10-0.19 | 10.328 | 59,0 |
| 0.20-0.29 | 2.328 | 13,3 |
| 0.30-0.39 | 714 | 4,08 |
| 0.40-0.49 | 14 | 0,08 |
| 0.50-0.59 | 575 | 3,28 |
| > 0.60 | 0,57 | 0.003 |

Tabla 5.134. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 5

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0.029 | 0.244 | 0.139 |
| Colza | - | - | 0.142 | 0.142 | 0.142 |
| Forrajeras | - | - | 0.102 | 0.211 | 0.157 |
| Girasol | - | - | 0.072 | 0.145 | 0.111 |
| Guisante verde | - | - | 0.081 | 0.213 | 0.170 |
| Judía verde | - | - | 0.072 | 0.326 | 0.190 |
| Patata | - | - | 0.106 | 0.298 | 0.222 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0.037 | 0.067 | 0.040 |
| Almendro | Cubierto | Extensivo | 0.154 | 0.154 | 0.154 |
| | Mínimo | Extensivo | 0.413 | 0.413 | 0.413 |
| | | Semi-intensivo | 0.438 | 0.634 | 0.536 |
| | | Intensivo | 0.183 | 0.308 | 0.245 |
| Cerezo y guindo | Cubierto | Semi-intensivo | 0.183 | 0.183 | 0.183 |
| Manzano | Cubierto | Intensivo | 0.137 | 0.158 | 0.147 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0.192 | 0.251 | 0.221 |
| Peral | Cubierto | Intensivo | 0.144 | 0.144 | 0.144 |
| Vid | Mínimo | | 0.078 | 0.562 | 0.274 |



Mapa 5.8. Valores del factor C en la Zona 5

F) Zona 6. Estación de Haro

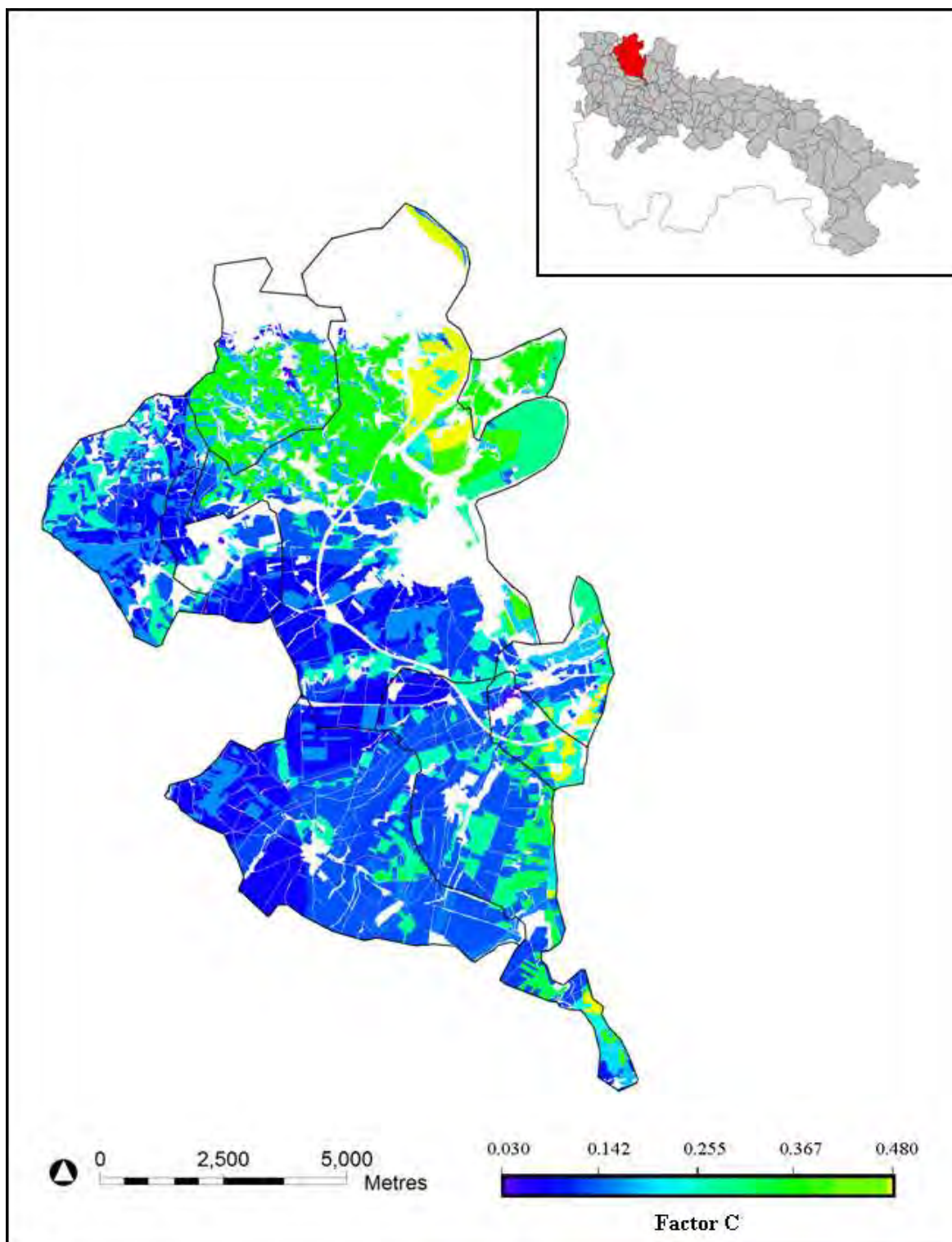
La Zona 6 comprende los municipios del tramo bajo del río Oja-Tirón: Anguciana, Briñas, Cihuri, Gimileo, Haro, Ollauri, Rodezno, Villalba de Rioja y Zarratón (Mapa 5.9). Se trata de un sector eminentemente cerealícola (83,9%), en el que el viñedo tiene una presencia moderada (15%). Éste se localiza fundamentalmente en Briñas, norte del término de Haro y oeste de Cihuri. La pedregosidad media se sitúa en 18,2%. Los valores de C se mueven entre 0,077 y 0,532, estableciéndose la media en 0,198. El intervalo de valores que se repite con mayor frecuencia es el intervalo 0,00-0,19 (63,9% del total), característico del cereal, girasol, guisante verde y remolacha azucarera. Los valores más elevados se corresponden con explotaciones de almendro y vid. De hecho, y como se puede apreciar en el Mapa 5,9, el espacio que presenta los valores más altos se sitúa al norte del término de Haro, coincidiendo con viñedos.

Tabla 5.135. Intervalos de valores del factor C en la Zona 6

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 1.427 | 18,9 |
| 0,10-0,19 | 3.387 | 45,0 |
| 0,20-0,29 | 1.246 | 16,5 |
| 0,30-0,39 | 1.195 | 15,9 |
| 0,40-0,49 | 257 | 3,42 |
| 0,50-0,59 | 0 | 0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.136. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 6

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|---------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,077 | 0,244 | 0,159 |
| Girasol | - | - | 0,110 | 0,239 | 0,156 |
| Guisante verde | - | - | 0,105 | 0,171 | 0,138 |
| Judía verde | - | - | 0,163 | 0,354 | 0,260 |
| Patata | - | - | 0,200 | 0,214 | 0,208 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,037 | 0,050 | 0,041 |
| Zanahoria | - | - | 0,210 | 0,215 | 0,212 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 0,182 | 0,412 | 0,300 |
| Vid | Mínimo | | 0,157 | 0,475 | 0,316 |



Mapa 5.9. Valores del factor C en la Zona 6

G) Zona 7. Estación de Logroño

La Zona 7, área de influencia del observatorio de Logroño, comprende los municipios de Alberite, Fuenmayor, Lardero, Logroño, Navarrete y Villamediana de Iregua (Mapa 5.10). Es un sector con un mosaico agrícola muy diverso con una distribución espacial bastante homogénea. Los espacios dedicados a la vid (46,4% del total) se localizan fundamentalmente entre los términos de Fuenmayor y Navarrete, norte y este de Logroño y norte de Villamediana; mientras que el cereal (38,3%) se cultiva en Alberite, sur de Villamediana y centro-sur de Logroño. Asimismo, las explotaciones de hortalizas (5%), especies forrajeras (2,9%) y frutales de pepita y hueso (2,8%) aparecen flanqueando los cursos de los ríos Ebro e Iregua.

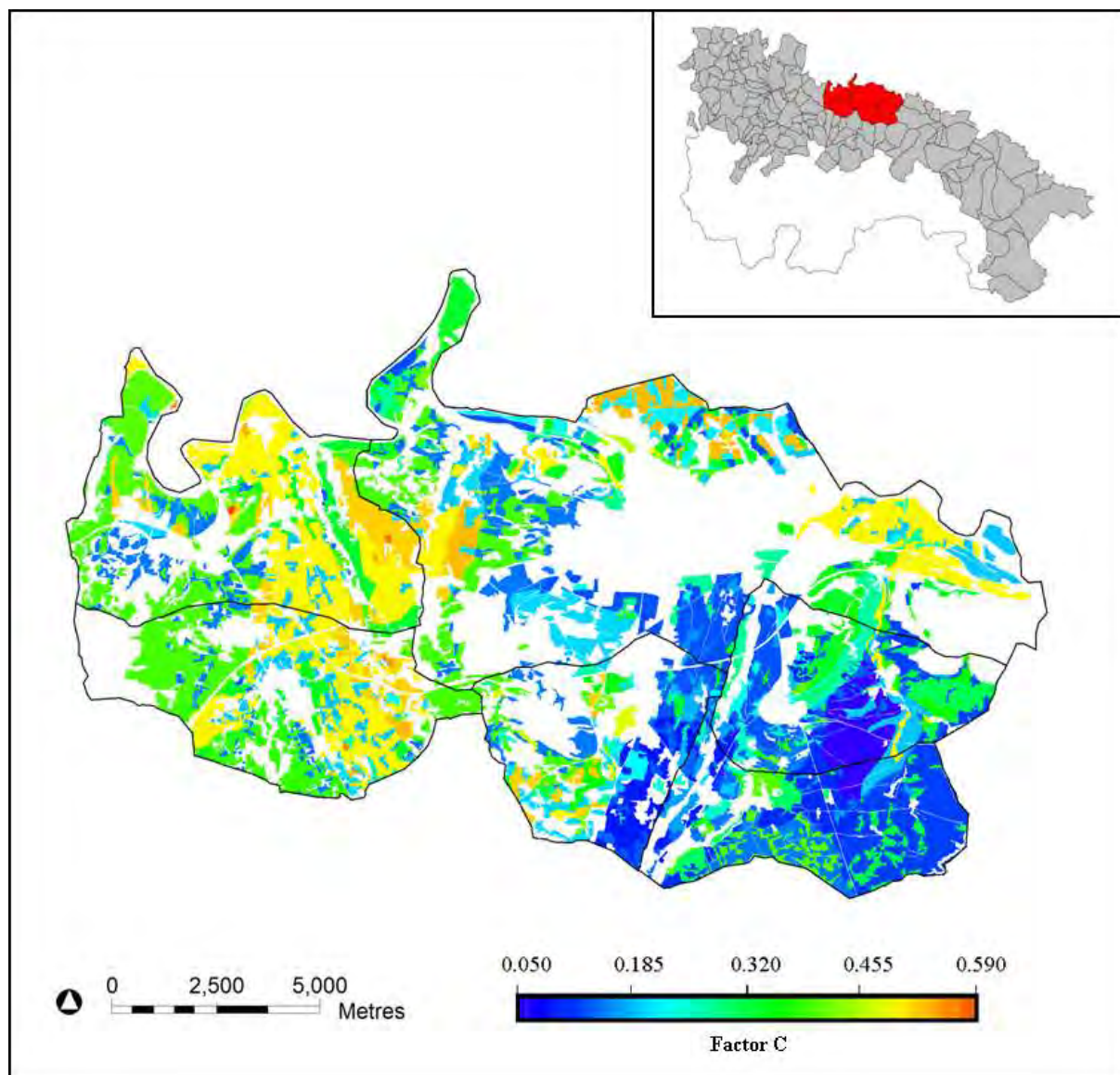
La pedregosidad media es de 15,2%. Los valores del factor C se mueven entre 0,055 y 0,600, siendo la media zonal de 0,270. Los valores más altos de C se localizan al norte del término de Logroño, oeste de Fuenmayor y noroeste de Navarrete; siempre coincidiendo con parcelas de vid, almendro en laboreo mínimo, cerezo y guindo intensivo en laboreo mínimo, alcachofa y tomate (Tabla 5.137).

Tabla 5.137. Intervalos de valores del factor C en la Zona 7

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 588 | 4,97 |
| 0,10-0,19 | 3.783 | 32,0 |
| 0,20-0,29 | 1.306 | 11,0 |
| 0,30-0,39 | 2.987 | 25,2 |
| 0,40-0,49 | 2.275 | 19,2 |
| 0,50-0,59 | 878 | 7,43 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.138. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 7

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,173 | 0,267 | 0,230 |
| Cereal | - | - | 0,055 | 0,210 | 0,142 |
| Coliflor | - | - | 0,207 | 0,414 | 0,313 |
| Forrajeras | - | - | 0,104 | 0,362 | 0,261 |
| Guisante verde | - | - | 0,138 | 0,138 | 0,138 |
| Haba | - | - | 0,175 | 0,175 | 0,175 |
| Judía verde | - | - | 0,288 | 0,288 | 0,288 |
| Lechuga y escarola | - | - | 0,318 | 0,412 | 0,369 |
| Patata | - | - | 0,186 | 0,361 | 0,264 |
| Pimiento | - | - | 0,234 | 0,362 | 0,292 |
| Tomate | - | - | 0,307 | 0,474 | 0,412 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 0,310 | 0,600 | 0,404 |
| | | Intensivo | 0,302 | 0,580 | 0,440 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,136 | 0,227 | 0,186 |
| | Mínimo | Intensivo | 0,456 | 0,494 | 0,475 |
| Ciruelo | Cubierta | Intensivo | 0,127 | 0,167 | 0,150 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,201 | 0,201 | 0,201 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Semi-intensivo | 0,157 | 0,157 | 0,157 |
| | | Intensivo | 0,124 | 0,255 | 0,166 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,165 | 0,165 | 0,165 |
| | | Semi-intensivo | 0,291 | 0,291 | 0,291 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,318 | 0,410 | 0,364 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,146 | 0,146 | 0,146 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,134 | 0,255 | 0,194 |
| | | Intensivo | 0,126 | 0,490 | 0,284 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,071 | 0,390 | 0,261 |
| | | Intensivo | 0,141 | 0,284 | 0,210 |
| Vid | Mínimo | Muy intensivo | 0,133 | 0,272 | 0,201 |
| | | Intensivo | 0,141 | 0,508 | 0,349 |



Mapa 5.10. Valores del factor C en la Zona 7

H) Zona 8. Estación de Moncalvillo

La Zona 8 engloba los términos más cercanos a la Sierra de Moncalvillo: Albelda de Iregua, Clavijo, Entrena, Hornos de Moncalvillo, Leza de río Leza, Mancomunidad de Nalda, Sorzano y Viguera, Medrano, Nalda, Nestares, Santa Coloma, Sojuela, Sorzano, Sotés, Ventosa y Viguera (Mapa 5.11). El paisaje agrario de la zona presenta gran diversidad: el cereal es mayoritario en los municipios de Clavijo, Santa Coloma y Sorzano; el viñedo es el cultivo dominante del sector noroccidental; los frutales de pepita, de hueso y de fruto seco, así como la práctica totalidad de especies forrajeras y

hortícolas se localizan principalmente sobre suelos aluviales y las laderas más cercanas al curso del río Iregua. El olivo abunda en los términos de Leza de río Leza, Viguera y norte de Clavijo.

La pedregosidad media de sus suelos es de 21,9%, con porcentajes mínimos de 2,9% y máximos de 54,7%. Esta heterogeneidad de gruesos junto con la gran diversidad del mosaico agrario han determinado una alta variabilidad de los valores del factor C, que oscila entre 0,050 y 0,572, siendo el promedio de la zona de 0,240.

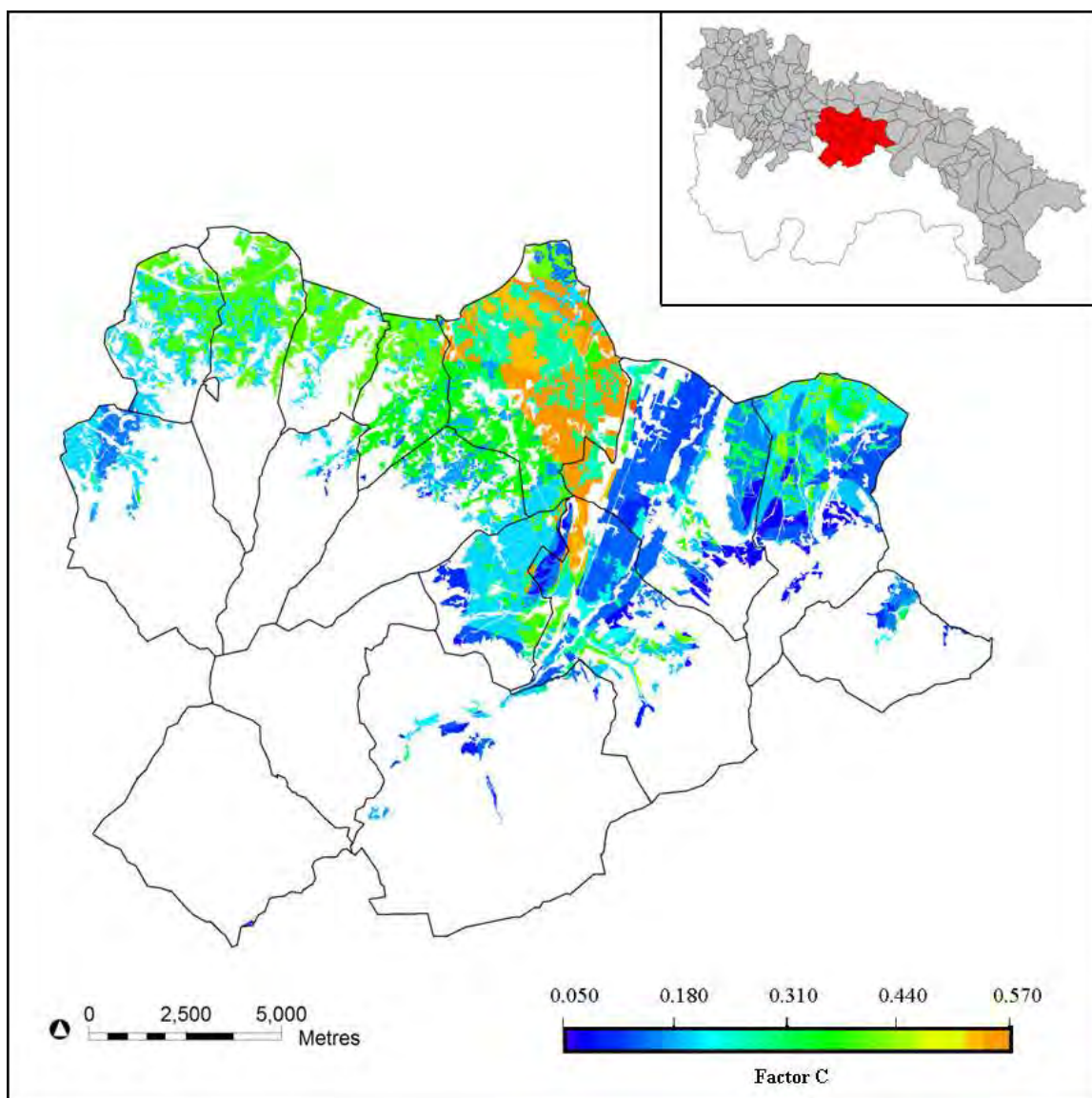
Los valores más bajos de C (0,00-0,19) se reparten por el 32,3% del paisaje agrícola, concretamente en parcelas de cereal, guisante, patata, frutales de pepita, frutales de hueso con cubierta vegetal y almendro semi-intensivo con cubierta. El intervalo 0,40-0,59 se concentra, mayoritariamente, en el término de Entrena, identificándose con parcelas vid, olivo de alta y muy alta densidad y frutal de fruto seco semi-intensivo en labranza mínima.

Tabla 5.139. Intervalos de valores del factor C en la Zona 8

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 331 | 4,06 |
| 0,10-0,19 | 2.307 | 28,3 |
| 0,20-0,29 | 2.409 | 29,5 |
| 0,30-0,39 | 1.517 | 18,6 |
| 0,40-0,49 | 717 | 8,79 |
| 0,50-0,59 | 869 | 10,6 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.140. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 8

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,050 | 0,280 | 0,160 |
| Coliflor | - | - | 0,196 | 0,393 | 0,282 |
| Forrajeras | - | - | 0,125 | 0,371 | 0,239 |
| Guisante verde | - | - | 0,123 | 0,247 | 0,185 |
| Judía verde | - | - | 0,232 | 0,305 | 0,269 |
| Patata | - | - | 0,123 | 0,278 | 0,181 |
| Tomate | - | - | 0,241 | 0,241 | 0,241 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,201 | 0,201 | 0,201 |
| | | Semi-intensivo | 0,147 | 0,147 | 0,147 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,396 | 0,396 | 0,396 |
| | | Semi-intensivo | 0,112 | 0,463 | 0,295 |
| | | Intensivo | 0,112 | 0,572 | 0,318 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,096 | 0,265 | 0,192 |
| | | Intensivo | 0,072 | 0,265 | 0,168 |
| | Mínimo | Intensivo | 0,227 | 0,227 | 0,227 |
| Ciruelo | Cubierta | Intensivo | 0,082 | 0,287 | 0,173 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,274 | 0,287 | 0,280 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,167 | 0,216 | 0,191 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,127 | 0,289 | 0,188 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,331 | 0,331 | 0,331 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,316 | 0,456 | 0,387 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,263 | 0,334 | 0,309 |
| | | Intensivo | 0,076 | 0,491 | 0,255 |
| | | Muy intensivo | 0,138 | 0,419 | 0,275 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,154 | 0,166 | 0,160 |
| | | Intensivo | 0,094 | 0,285 | 0,190 |
| | | Muy intensivo | 0,126 | 0,213 | 0,165 |
| Vid | Mínimo | | 0,108 | 0,528 | 0,321 |



Mapa 5.11. Valores del factor C en la Zona 8

I) Zona 9. Estación de Nájera

La Zona 9 comprende los términos municipales del bajo Najerilla: Alesanco, Alesón, Arenzana de Abajo, Arenzana de Arriba, Azofra, Bezares, Canillas de río Tuerto, Cárdenas, Cordovín, Hormilla, Hormilleja, Nájera, Manjarrés, Torrecilla sobre Alesanco y Tricio (Mapa 5.12). El espacio agrícola se encuentra repartido de forma bastante homogénea entre dos cultivos principales: la vid (49,3%) y el cereal (47,8%).

El 1,9% restante se distribuye entre parcelas de cultivos industriales (0,9%), patata (0,6%), frutal de hueso (0,3%) y olivar (0,1%).

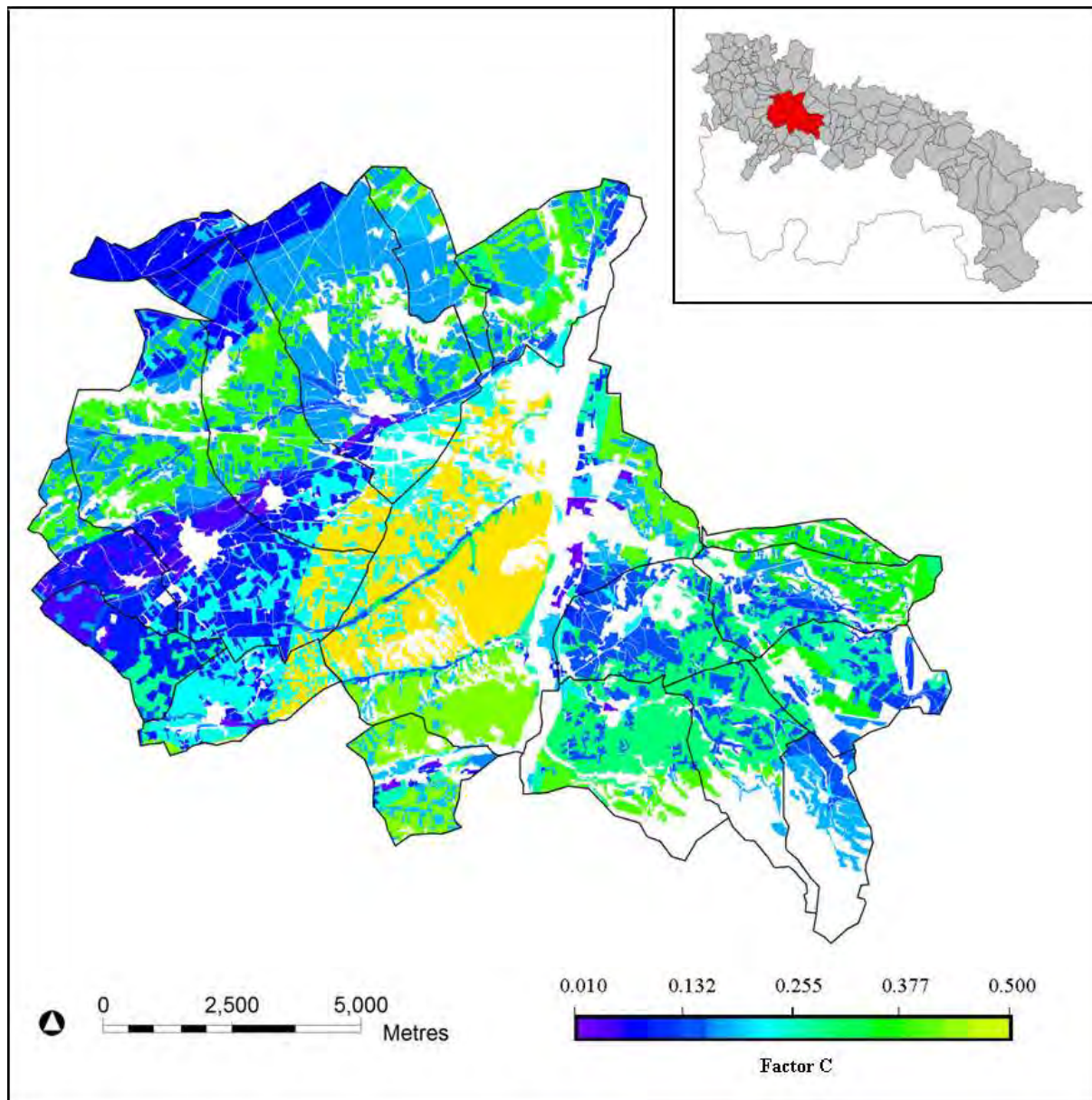
La pedregosidad media se sitúa en 20,2%. Pese a que se trata de una de las zonas más extensas del área de estudio, el mosaico agrícola no tiene mucha diversidad de manera que los valores del factor C son ligeramente más homogéneos que los de otras zonas. El 46,2% de los suelos agrícolas presentan valores bajos de C, que se corresponden con las parcelas de remolacha azucarera, cereal y olivo intensivo en labranza mínima distribuidas por el noroeste y suroeste del sector así como por los términos orientales de Tricio y Bezares. Por otra parte los rangos medios de C se localizan en el 36,9% del espacio, principalmente en cultivos forrajeros, patata, vid y almendro en laboreo mínimo. El 16,7% de la superficie restante, con valores de C entre 0,40-0,59, se identifica con parcelas de viñedo y almendro intensivo en labranza mínima situados sobre suelos con un contenido en elementos gruesos inferior a 10% (Tabla 5.141).

Tabla 5.141. Intervalos de valores del factor C en la Zona 9

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 1.632 | 15,3 |
| 0,10-0,19 | 3.272 | 30,8 |
| 0,20-0,29 | 2.276 | 21,4 |
| 0,30-0,39 | 1.649 | 15,5 |
| 0,40-0,49 | 711 | 6,69 |
| 0,50-0,59 | 1.072 | 10,1 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.142. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 9

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|---------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,047 | 0,195 | 0,139 |
| Forrajeras | - | - | 0,205 | 0,301 | 0,241 |
| Judía verde | - | - | 0,157 | 0,294 | 0,204 |
| Patata | - | - | 0,164 | 0,315 | 0,229 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,011 | 0,048 | 0,031 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 0,220 | 0,436 | 0,328 |
| | | Intensivo | 0,242 | 0,433 | 0,304 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,283 | 0,283 | 0,283 |
| | | Intensivo | 0,112 | 0,260 | 0,197 |
| Vid | Mínimo | | 0,106 | 0,488 | 0,303 |



Mapa 5.12. Valores del factor C en la Zona 9

J) Zona 10. Estación de Ocón

La Zona 10 engloba los términos municipales de Ausejo, Corera, Galilea, El Redal, Lagunilla del Jubera, Ocón y Santa Engracia del Jubera (Mapa 5.13). Se trata de un sector mayoritariamente dedicado al cereal (57,5%) y en menor medida a viñedo (24,6%), frutal de fruto seco (10,8%) y olivo (5%) con una distribución espacial muy heterogénea. No obstante, se da una mayor presencia de frutales en el piedemonte septentrional de Cabimonteros.

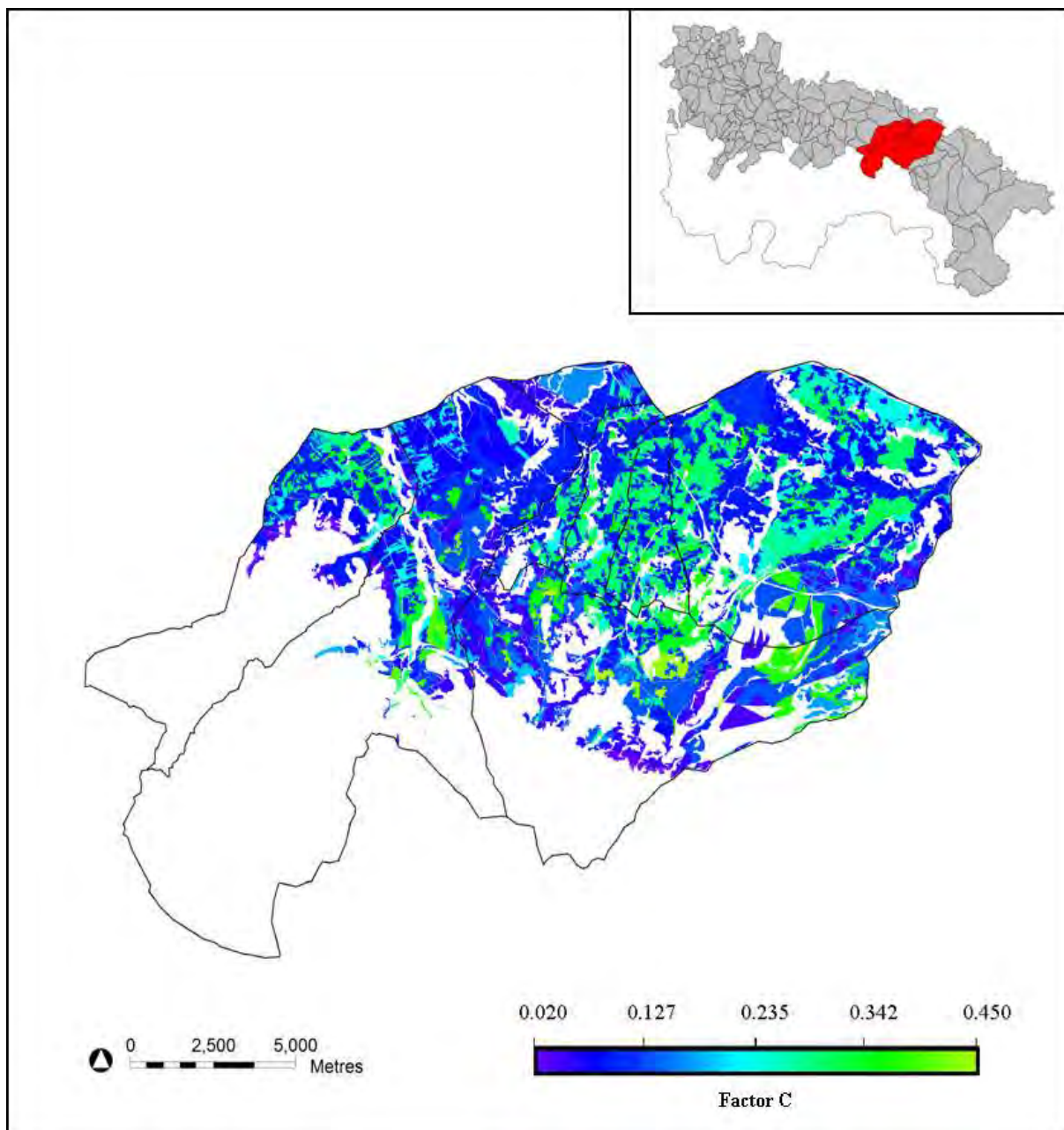
La pedregosidad media es del 26,9%, determinando tasas del factor C inferiores a lo que cabría esperar, sobre todo en especies leñosas en labranza mínima. De hecho, el 47,7% del espacio agrícola registra valores de C muy bajos, identificados con la práctica totalidad de tierras dedicadas al cereal y el olivo extensivo con cubierta vegetal. Igualmente bajos son los valores obtenidos en el 20,4% del territorio, que se corresponden con el almendro y el cerezo con cubierta y buena parte de las parcelas dedicadas a patata. El intervalo medio, entre 0,20-0,39, repartido por el 30,2 % del mosaico agrario, es característico del almendro extensivo en labranza mínima y de parcelas de viñedo y olivo situadas sobre suelos con una pedregosidad entre 10-15%. Finalmente, ocupando apenas el 1,49%, los rangos de C más elevados del área (0,40-0,49) se localizan sobre suelos escasos en elementos gruesos dedicados a almendro en laboreo mínimo (Tabla 5.143).

Tabla 5.143. Intervalos de valores del factor C en la Zona 10

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 6.076 | 47,7 |
| 0,10-0,19 | 2.607 | 20,4 |
| 0,20-0,29 | 2.219 | 17,4 |
| 0,30-0,39 | 1.647 | 12,9 |
| 0,40-0,49 | 190 | 1,49 |
| 0,50-0,59 | 0 | 0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.144. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 10

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|-----------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,033 | 0,135 | 0,085 |
| Forrajeras | - | - | 0,183 | 0,281 | 0,229 |
| Judía verde | - | - | 0,248 | 0,248 | 0,248 |
| Patata | - | - | 0,065 | 0,246 | 0,152 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,094 | 0,277 | 0,182 |
| | | Semi-intensivo | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,177 | 0,458 | 0,324 |
| | | Semi-intensivo | 0,103 | 0,453 | 0,296 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Extensivo | 0,088 | 0,151 | 0,111 |
| | | Semi-intensivo | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,111 | 0,280 | 0,204 |
| | | Semi-intensivo | 0,254 | 0,260 | 0,257 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,128 | 0,193 | 0,171 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,096 | 0,096 | 0,096 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,090 | 0,348 | 0,251 |
| | | Intensivo | 0,095 | 0,381 | 0,241 |
| Vid | Mínimo | Muy intensivo | 0,154 | 0,355 | 0,256 |
| | | | 0,098 | 0,359 | 0,226 |



Mapa 5.13. Valores del factor C en la Zona 10

K) Zona 11. Estación de Santo Domingo de la Calzada

La Zona 11 se corresponde con el tramo medio del río Oja, sector que comprende los términos de Bañares, Cidamón, Cirueña, Corporales, Grañón, Hervías, San Torcuato, Santo Domingo de la Calzada, Santurde de Rioja, Santurdejo, Villalobar de Rioja y Villarta-Quintana (Mapa 5.14). Se trata de una zona altamente especializada en la

producción de cereal (79,3%). La pedregosidad de sus suelos se mueve en valores mínimos de 4,05% y máximos de 61,7%.

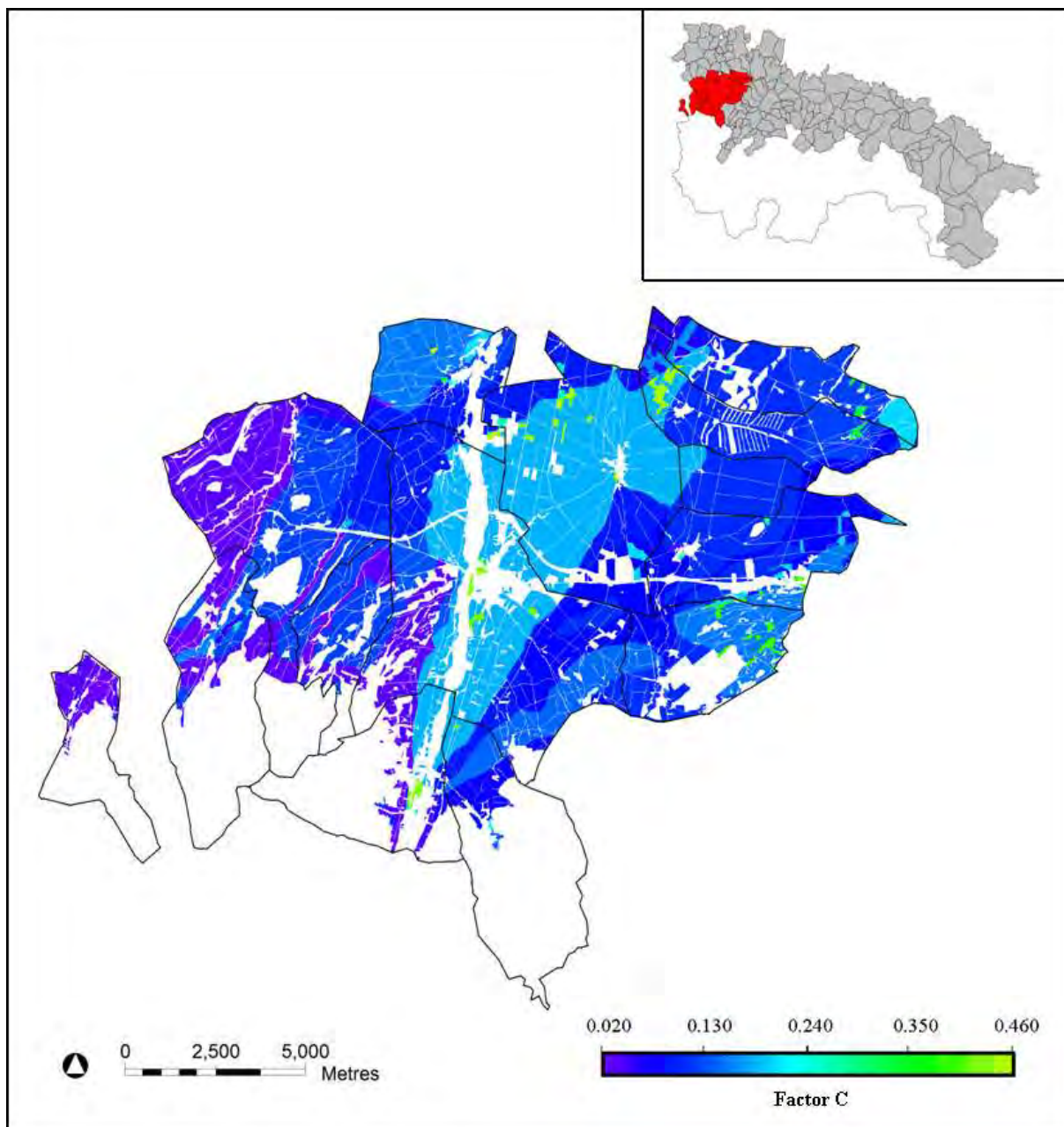
El factor C oscila entre 0,030-0,458, con una media para toda la zona de 0,187. Como se muestra en la Tabla 5.145, la práctica totalidad del espacio agrario (97,3%) se encuentra en el rango de valores entre 0,00-0,19, en cultivos de cereal, colza, patata, remolacha azucarera, zanahoria, cerezo y guindo con cubierta vegetal y olivo de muy alta densidad en labranza mínima. Los valores más elevados coinciden con un reducido número de parcelas de vid y nogal semi-intensivo en labranza mínima, localizadas en las laderas cercanas al curso del Oja, norte de Bañares y este de Cirueña.

Tabla 5.145. Intervalos de valores del factor C en la Zona 11

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 5.365 | 37,0 |
| 0,10-0,19 | 8.740 | 60,3 |
| 0,20-0,29 | 207 | 1,42 |
| 0,30-0,39 | 71 | 0,48 |
| 0,40-0,49 | 111 | 0,76 |
| 0,50-0,59 | 0 | 0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.146. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 11

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,029 | 0,205 | 0,108 |
| Colza | - | - | 0,143 | 0,186 | 0,164 |
| Guisante verde | - | - | 0,243 | 0,243 | 0,243 |
| Judía verde | - | - | 0,221 | 0,422 | 0,320 |
| Patata | - | - | 0,058 | 0,331 | 0,169 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,030 | 0,038 | 0,034 |
| Zanahoria | - | - | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| | | Intensivo | 0,047 | 0,047 | 0,047 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,218 | 0,218 | 0,218 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,125 | 0,458 | 0,266 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,386 | 0,386 | 0,386 |
| | | Muy intensivo | 0,097 | 0,134 | 0,115 |
| Vid | Mínimo | | 0,159 | 0,436 | 0,282 |



Mapa 5.14. Valores del factor C en la Zona 11

L) Zona 12. Estación de San Vicente de la Sonsierra

La Zona 12 comprende los municipios riojaltños de Ábalos, Briones, San Asensio y San Vicente de la Sonsierra (Mapa 5.15), espacio especializado en el cultivo de la vid, que representa el 73,2% del paisaje agrario. El porcentaje de contenidos gruesos promedio es de 18,2%, factor de suma importancia que implica la obtención de valores de C medianamente elevados, estableciéndose la media zonal en 0,297. El 67% del

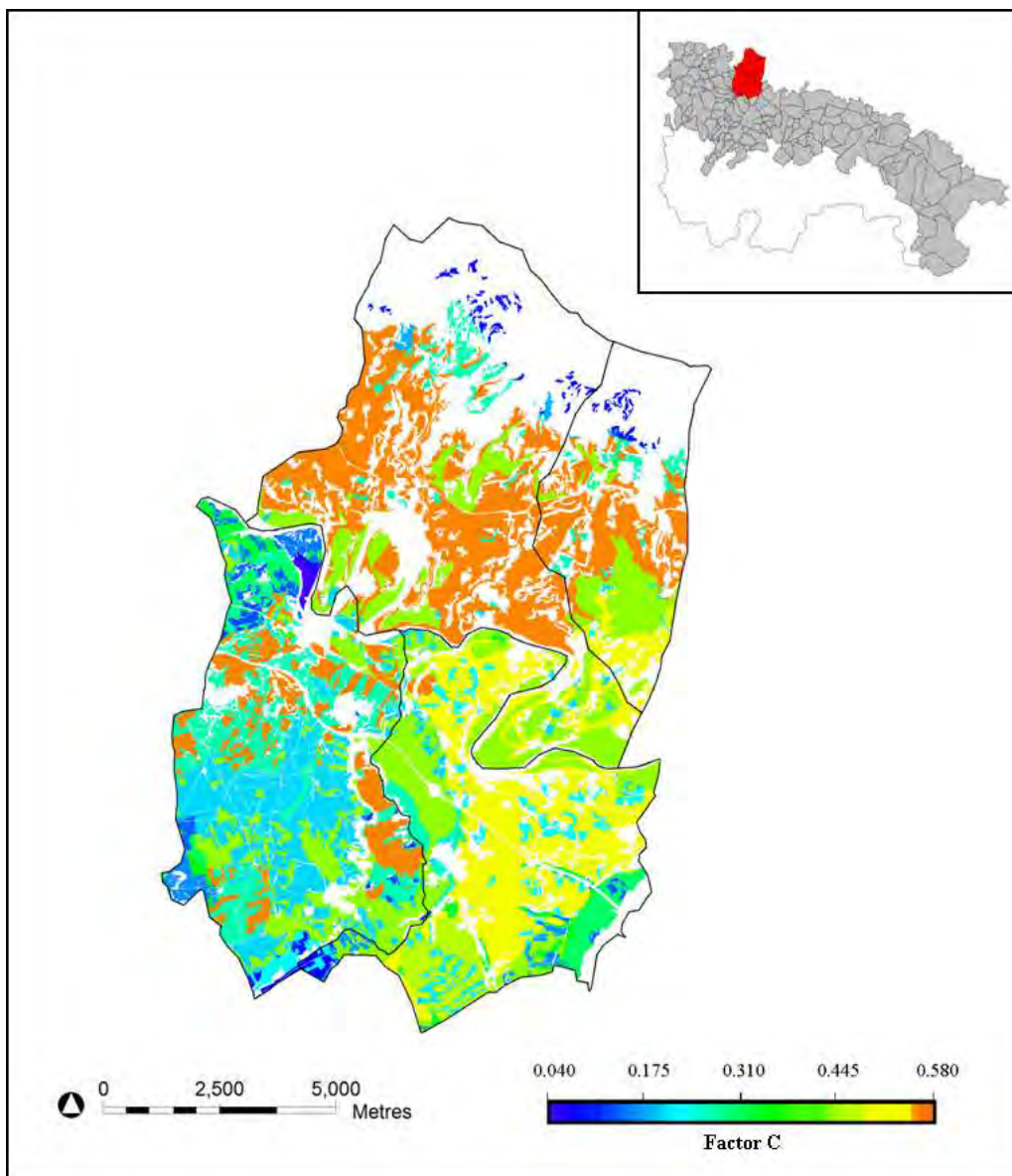
espacio cultivado, principalmente viñedo y almendro en laboreo mínimo, presenta valores elevados de C. Los intervalos más bajos (0,09-0,19) pertenecen a las explotaciones de cereal y remolacha azucarera del término de Briones y el borde meridional de la Sonsierra (Tabla 5.147).

Tabla 5.147. Intervalos de valores del factor C en la Zona 12

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 147 | 1,64 |
| 0,10-0,19 | 295 | 3,29 |
| 0,20-0,29 | 2.163 | 24,1 |
| 0,30-0,39 | 341 | 3,81 |
| 0,40-0,49 | 3.582 | 40,0 |
| 0,50-0,59 | 2.419 | 27,0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.148. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 12

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|---------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,083 | 0,264 | 0,172 |
| Forrajeras | - | - | 0,110 | 0,325 | 0,247 |
| Judía verde | - | - | 0,271 | 0,291 | 0,281 |
| Patata | - | - | 0,347 | 0,439 | 0,390 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,046 | 0,065 | 0,054 |
| Almendro | Mínimo | Intensivo | 0,456 | 0,584 | 0,537 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,298 | 0,386 | 0,330 |
| | | Muy intensivo | 0,309 | 0,309 | 0,309 |
| Vid | Mínimo | | 0,176 | 0,537 | 0,360 |



Mapa 5.15. Valores del factor C en la Zona 12

M) Zona 13. Estación de Uruñuela-Torremontalbo

La Zona 13 alberga los términos de Cenicero, Huércanos, Uruñuela y Torremontalbo (Mapa 5.16), espacio especializado en la producción vitícola, en el que el viñedo ocupa el 90,1% de la superficie agrícola. La pedregosidad de los suelos es del 17,7%, uno de los más bajos del área de estudio, y el valor promedio del factor C en la zona se ha estimado en 0,211.

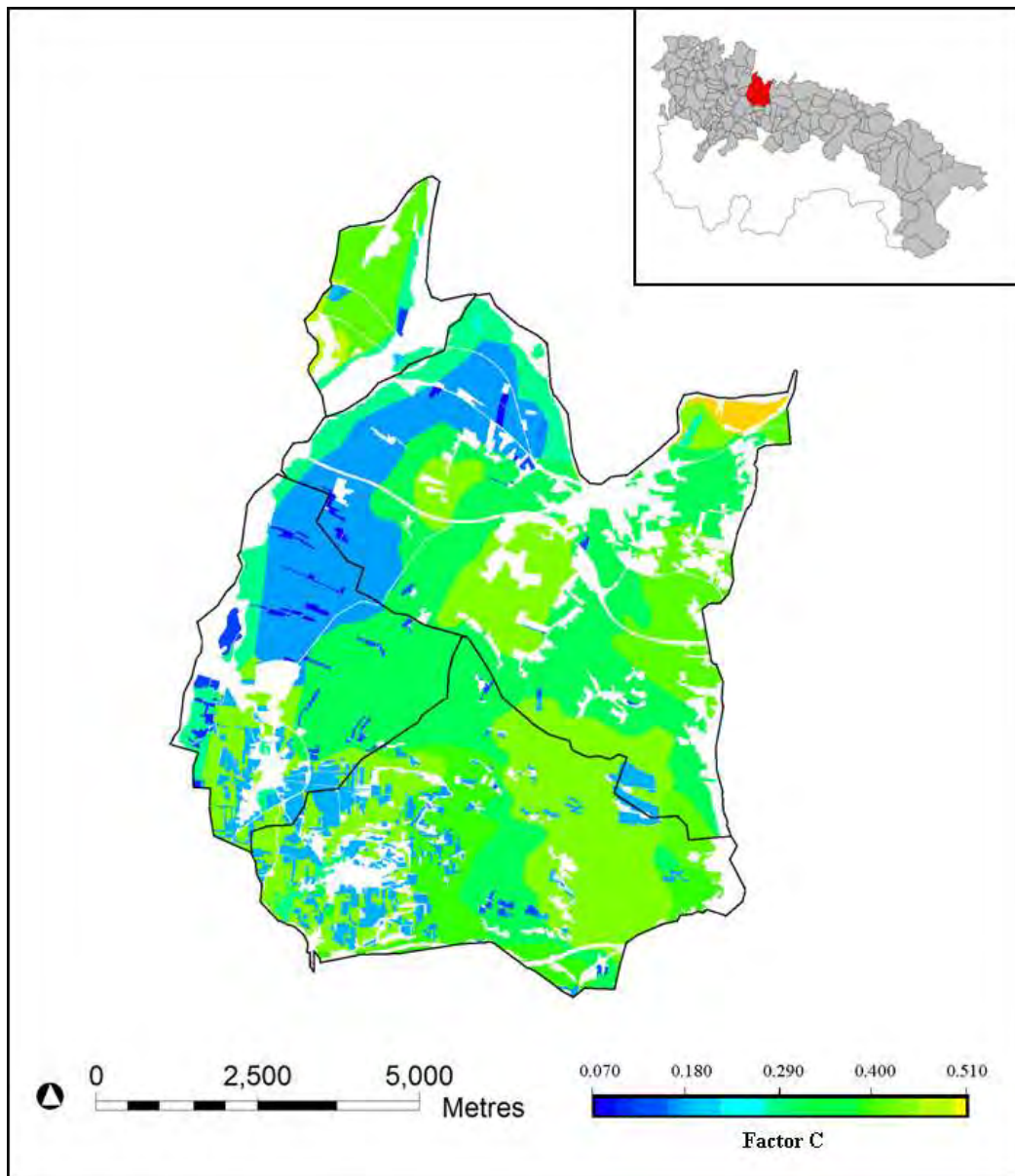
Respecto a la distribución espacial del factor C, el 43,2% del territorio registra valores comprendidos entre 0,20-0,39, que se corresponden, principalmente, a parcelas de viñedo, forrajeras, patata y lechuga. Los intervalos altos, entre 0,40-0,59, se reparten por el 35,1% del espacio agrario, exclusivamente en viñedo. Los rangos más bajos representan a la mayor parte del cereal y algunas parcelas de forrajes y lechuga (Tabla 5.149).

Tabla 5.149. Intervalos de valores del factor C en la Zona 13

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 30 | 0,52 |
| 0,10-0,19 | 1.195 | 20,9 |
| 0,20-0,29 | 386 | 6,77 |
| 0,30-0,39 | 2.085 | 36,5 |
| 0,40-0,49 | 1.961 | 34,4 |
| 0,50-0,59 | 42 | 0,73 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.150. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 13

| Cultivo | Laboreo | Min | Max | Pmed |
|------------|---------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | 0,072 | 0,227 | 0,169 |
| Forrajeras | - | 0,199 | 0,292 | 0,246 |
| Lechuga | - | 0,163 | 0,301 | 0,246 |
| Patata | - | 0,220 | 0,326 | 0,273 |
| Vid | Mínimo | 0,166 | 0,500 | 0,355 |



Mapa 5.16. Valores del factor C en la Zona 13

N) Zona 14. Estación de Villar de Torre

La Zona 14 se localiza en el sector suroeste del área de estudio en el piedemonte septentrional de la Sierra de la Demanda y comprende los términos de Badarán, Baños de río Tobía, Berceo, Bobadilla, Camprovín, Cañas, Estollo, Ledesma de la Cogolla, Manzanares, Matute, San Millán de la Cogolla, Villar de Torre, Villarejo, Villaverde (Mapa 5.17). Al igual que la Zona 11 se trata de un sector especializado en el cultivo de cereal (76,7%) y en menor medida vid (19,3%).

Si bien el cereal tiene una distribución espacial muy heterogénea las parcelas de vid se localizan principalmente en el sector norte entre los términos de Badarán, Camprovín y Baños de Rioja. Por el contrario, las plantaciones de patata, forrajeras y algunos hortícolas son más abundantes en el piedemonte septentrional de Sierra de la Demanda.

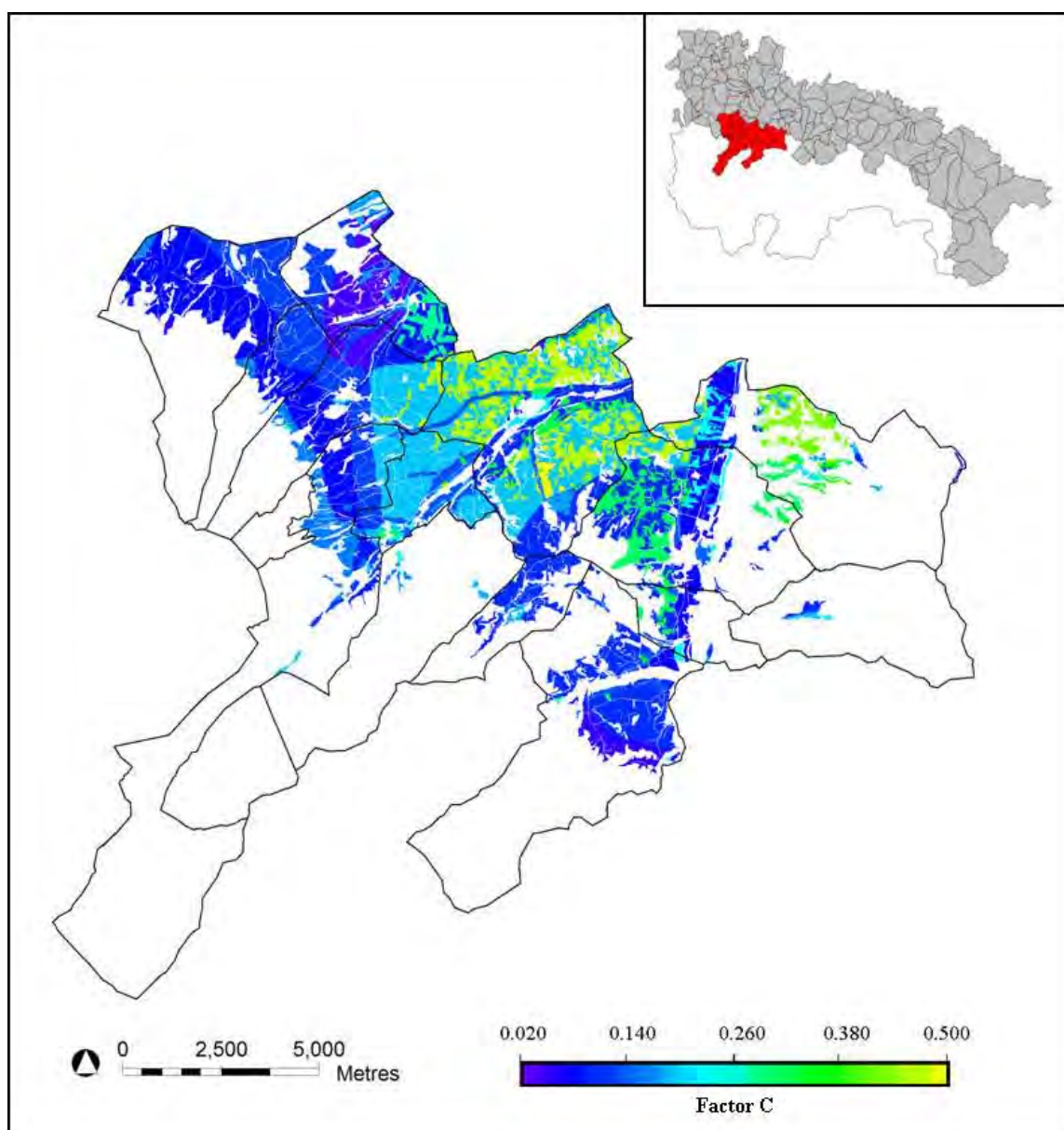
El porcentaje medio de pedregosidad es de 25,3%. La abundancia de suelos con un mulch grueso de mediana entidad así como el cultivo mayoritario de cereal determina la obtención de valores del factor C relativamente bajos (la media es de 0,191). La distribución de dichos valores, reflejados en la Tabla 5.151, revela la presencia mayoritaria de rangos bajos en las $\frac{3}{4}$ partes del territorio, valores que se corresponden con cereal, colza, judía verde, patata, remolacha azucarera y frutales con cubierta vegetal. Valores un poco superiores se asocian a los frutales, olivo y viñedo en labranza mínima así como algunas parcelas de hortícolas y patata. Las cifras más elevadas de esta zona (0,40-0,59) son exclusivas de almendro y nogal intensivo en labranza mínima y viñedo.

Tabla 5.151. Intervalos de valores del factor C en la Zona 14

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|-------|
| 0,00-0,09 | 1.883 | 24,7 |
| 0,10-0,19 | 4.034 | 52,9 |
| 0,20-0,29 | 281 | 3,69 |
| 0,30-0,39 | 438 | 5,75 |
| 0,40-0,49 | 976 | 12,8 |
| 0,50-0,59 | 0,16 | 0,002 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.152. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 14

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,047 | 0,194 | 0,120 |
| Colza | - | - | 0,088 | 0,088 | 0,088 |
| Forrajeras | - | - | 0,132 | 0,248 | 0,202 |
| Judía verde | - | - | 0,145 | 0,240 | 0,193 |
| Patata | - | - | 0,078 | 0,302 | 0,188 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,031 | 0,048 | 0,038 |
| Almendo | Mínimo | Intensivo | 0,188 | 0,490 | 0,333 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,099 | 0,172 | 0,135 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,080 | 0,147 | 0,113 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,125 | 0,253 | 0,189 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,209 | 0,209 | 0,209 |
| | | Semi-intensivo | 0,207 | 0,507 | 0,346 |
| Olivo | Mínimo | Muy intensivo | 0,304 | 0,304 | 0,304 |
| Peral | Cubierta | Intensivo | 0,096 | 0,102 | 0,099 |
| Vid | Mínimo | | 0,176 | 0,444 | 0,318 |



Mapa 5.17. Valores del factor C en la Zona 14

O) Zona 15. Estación de Yerga

La Zona 15 es la más suroriental del área de estudio, localizada en el tramo medio de los ríos Linares y Alhama. Alberga los términos municipales de Aguilar del río Alhama, Cervera del río Alhama, Grávalos, Igea y Villarroya (Mapa 5.18).

La estructura del paisaje agrario revela la existencia de un sistema productivo de secano en el que tradicionalmente han dominado el cereal (40,5%) y el almendro

(34,2%). El cereal está presente, especialmente, en los términos de Villarroya, Aguilar del río Alhama, oeste de Grávalos y en las cinco pedanías de Cervera del río Alhama. Almendro y olivo se distribuyen por las escarpadas laderas de la margen derecha del río Linares, curso del río Añamaza y las tierras más marginales del norte de Grávalos. En los últimos años, el viñedo ha comenzado a adquirir un peso notable en el paisaje de la zona, cultivándose en los somontanos de la Sierra de Alcarama en los términos de Cervera del río Alhama e Igea. Frutales de pepita y hueso en regadío así como las especies forrajeras, hortalizas y patata se localizan a lo largo de la estrecha llanura aluvial de los ríos Alhama y Linares.

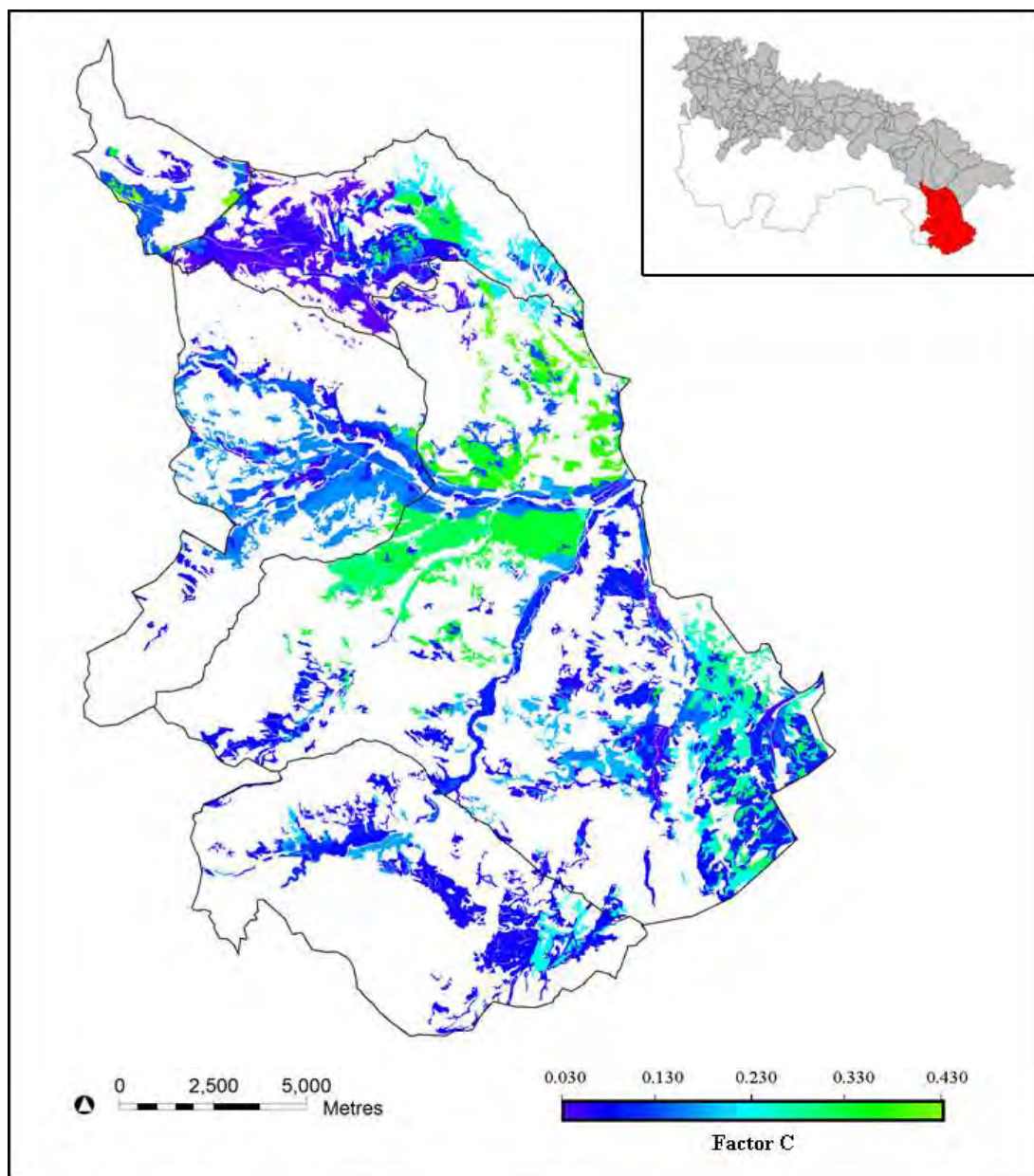
La pedregosidad media los suelos es de 32,1%, siendo la más elevada a nivel regional. Será este factor el más determinante a la hora de definir los valores del factor C en los diferentes cultivos, atenuando notablemente los ratios de C estimados entre 0,025-0,430, con un promedio global de 0,153. De hecho, el 71,8% de los suelos agrícolas registra valores bajos de C, entre 0,00-0,19, que coinciden con los espacios cultivados con cereal, hortalizas, forrajeras, patata, frutales con cubierta vegetal, olivo en laboreo mínimo y con cubierta y viñedo. El intervalo 0,20-0,39, presente en el 27,2% del mosaico agrario, se identifica con las parcelas de almendro en labranza mínima.

Tabla 5.153. Intervalos de valores del factor C en la Zona 15

| Intervalos de C | Superficie (Ha) | % |
|-----------------|-----------------|------|
| 0,00-0,09 | 4.037 | 44,1 |
| 0,10-0,19 | 2.534 | 27,7 |
| 0,20-0,29 | 1.199 | 13,1 |
| 0,30-0,39 | 1.288 | 14,1 |
| 0,40-0,49 | 81 | 0,88 |
| 0,50-0,59 | 0 | 0 |
| > 0,60 | 0 | 0 |

Tabla 5.154. Valores mínimos, máximos y promedio del factor C por cultivos de la Zona 15

| Cultivo | Laboreo | Sistema de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|----------|------------------------|-------|-------|-------|
| Cereal | - | - | 0,025 | 0,136 | 0,075 |
| Coliflor | - | - | 0,138 | 0,264 | 0,187 |
| Forrajeras | - | - | 0,061 | 0,189 | 0,122 |
| Guisante verde | - | - | 0,100 | 0,189 | 0,148 |
| Patata | - | - | 0,098 | 0,128 | 0,113 |
| Pimiento | - | - | 0,120 | 0,120 | 0,120 |
| Tomate | - | - | 0,136 | 0,267 | 0,190 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,052 | 0,229 | 0,121 |
| | | Semi-intensivo | 0,036 | 0,228 | 0,117 |
| | | Intensivo | 0,029 | 0,200 | 0,103 |
| | | Muy intensivo | 0,071 | 0,071 | 0,071 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,167 | 0,334 | 0,237 |
| | | Semi-intensivo | 0,070 | 0,430 | 0,222 |
| | | Intensivo | 0,059 | 0,387 | 0,188 |
| | | Muy intensivo | 0,138 | 0,138 | 0,138 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,062 | 0,163 | 0,109 |
| | | Muy intensivo | 0,130 | 0,130 | 0,130 |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,085 | 0,120 | 0,101 |
| | | Intensivo | 0,070 | 0,074 | 0,072 |
| | Mínimo | Intensivo | 0,127 | 0,141 | 0,134 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,065 | 0,075 | 0,075 |
| | | Muy intensivo | 0,077 | 0,177 | 0,127 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,164 | 0,164 | 0,164 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,099 | 0,124 | 0,101 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,111 | 0,357 | 0,211 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,075 | 0,196 | 0,124 |
| | | Intensivo | 0,073 | 0,093 | 0,083 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,083 | 0,267 | 0,155 |
| | | Intensivo | 0,067 | 0,332 | 0,173 |
| | | Muy intensivo | 0,136 | 0,140 | 0,138 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| | | Intensivo | 0,087 | 0,144 | 0,113 |
| | | Muy intensivo | 0,091 | 0,185 | 0,138 |
| Vid | Mínimo | | 0,064 | 0,337 | 0,191 |



Mapa 5.18. Valores del factor C en la Zona 15

5.2.7. Discusión

A lo largo de este capítulo hemos abordado el cálculo del factor C (cubierta vegetal y uso del suelo) del modelo RUSLE. Entre los factores manejados, es el que mayores dificultades de cálculo ha representado, especialmente por la complejidad de la información a recabar. Se trata de un factor que considera la protección del suelo, tanto por la cubierta vegetal propia del cultivo como por la derivada de los cultivos anteriores, de la rugosidad del suelo, del sistema de laboreo, de la humedad y de la pedregosidad.

En espacios con una agricultura tan diversa como el que estamos abordando, con un mosaico de cultivos que obliga a trabajar casi a escala de parcela, las tareas para su consecución han sido muy laboriosas, pero satisfactorias.

Los resultados confirman que las prácticas de laboreo y las diferentes densidades de plantación observadas en los cultivos leñosos condicionan en gran medida el grado de protección de las cubiertas vegetales, siendo habituales valores elevados de C en leñosos en régimen extensivo y labranza mínima. Por el contrario, en las explotaciones arbóreas en las que se maneja un sistema de agricultura de conservación, se obtienen valores inferiores, con la consecuente disminución del potencial de erosión hídrica. También ha resultado ser muy importante el contenido en elementos gruesos de la superficie del suelo de cara a la reducción de la energía de la gota de lluvia y la velocidad de la escorrentía, si bien es cierto que la pedregosidad no es del agrado de muchos agricultores ya que influye en el desarrollo de las raíces y perturban el laboreo mecanizado.

6. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO (FACTOR P)

Se entienden como prácticas de conservación al conjunto de técnicas y trabajos culturales que buscan un uso racional y eficiente de los suelos agrícolas con el objeto de controlar la erosión hídrica y mantener o mejorar su capacidad productiva. Valcárcel *et al* (1999), citando a Ludwig (1992) y de Roo *et al* (1995), señalan que las actividades agrícolas, junto con los factores edáficos y climáticos, provocan cambios en las propiedades del suelo y en la dirección del drenaje superficial.

Por ello, la formulación RUSLE incluye entre los parámetros importantes para valorar las pérdidas de suelo el factor de medidas de conservación de suelos (o factor P). Este factor, según la RUSLE, se basa en la relación de pérdida de suelos en una parcela con una práctica de conservación específica frente a una parcela estándar en la que el sistema de laboreo se realiza en paralelo a la pendiente, es decir, donde no se aplica ninguna técnica de conservación (en la que P es igual a 1).

Entre las medidas de conservación habitualmente empleadas en tierras de cultivos, García Ruíz y López Bermúdez (2009) señalan las siguientes:

- Cultivo en contorno

El cultivo en contorno es una práctica sencilla que consiste en realizar las labores de labranza en sentido transversal a la pendiente, siguiendo las curvas de nivel. Como señalan de Alba *et al* (2011), el laboreo a favor de las curvas de nivel es una práctica de obligado cumplimiento por la normativa española de Condicionalidad, Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales en relación con las ayudas directas de la PAC (Real Decreto 2352/2004, del 23 de diciembre), en la que se exige no labrar en dirección de la pendiente cuando los cultivos tengan una inclinación superior al 10%.

Los surcos actúan como barreras para la escorrentía, disminuyendo la velocidad del flujo del agua ladera abajo, reduciendo su potencial erosivo y modificando su dirección, lo que la obliga a divagar. Por otra parte, las pequeñas presas generadas por los surcos favorecen la infiltración en el subsuelo, aumentando la cantidad de agua almacenada en el perfil y la asimilación de nutrientes por parte de la vegetación.

Si bien se trata de una técnica eficaz que no requiere gran inversión de trabajo, no es apta, sin embargo, para terrenos poco profundos, suelos de textura fina y parcelas con

pendientes superiores al 5%. Los dos primeros tienen una capacidad de infiltración reducida y se saturan con facilidad, provocando el desbordamiento, por lo cual la escorrentía tiende a concentrarse y discurrir por la ladera provocando la ruptura de los surcos. Tampoco es recomendable el uso de esta técnica en terrenos de pendiente acusada ya que en precipitaciones de alta intensidad los surcos no resultan efectivos para retener la escorrentía y al producirse rupturas aportan nuevo material de arrastre al flujo.

– Cultivo en fajas

El sistema de laboreo en fajas consiste en intercalar hileras alternas de cultivos paralelos a las curvas de nivel, a modo de barreras, para reducir la velocidad y la capacidad de arrastre de la escorrentía. Esta técnica, poco frecuente en la Península Ibérica, combina el sistema de cultivo en contorno y las rotaciones. Su uso está indicado en laderas uniformes con inclinaciones inferiores al 20% y suelos de texturas medias que permitan un buen drenaje.

– Bancales

Los bancales o terrazas son rellanos de morfología estrecha y alargada protegidos por un muro de piedras (Oserin, 2006) o por taludes cubiertos de vegetación (Lasanta *et al*, 2010), que diseccionan longitudinalmente la ladera, en paralelo a las curvas de nivel, para su aprovechamiento agrícola. Por lo general se instalan sobre topografías irregulares propias de áreas de montaña, estrechos fondos de valle y laderas de fuerte pendiente. El aterrazamiento, como práctica de control de la erosión hídrica, busca reducir la velocidad y el volumen de la escorrentía a la vez que, por su profundidad, permite una mayor capacidad de infiltración del agua y la retención del suelo ante precipitaciones de alta erosividad (Maiso y Lasanta, 1990).

– Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una alternativa que en la agricultura tradicional se consideraba beneficiosa para mejorar la productividad y la fertilidad del terreno tras la cosecha (Roselló, 2003). El sistema consiste en la alternancia regular de varios cultivos en un mismo suelo, normalmente cereales, leguminosas o forrajeras, en ciclos con una duración en el tiempo variable. La actividad biológica de estas especies y los residuos vegetales generados tras la cosecha sirven para enriquecer los suelos con el aporte de

nuevos nutrientes, necesarios para mantener la estabilidad estructural y la resistencia de los agregados del suelo frente a la erosión hídrica.

– Cubiertas vegetales

El empleo de cubiertas vegetales es un método de no laboreo que consiste en permitir el desarrollo de un denso manto de vegetación, sembrada o espontánea, que mantenga protegido el suelo buena parte del año. El manto vegetal, ya sea de material vivo o muerto (mulch), actúa como barrera interceptora de las precipitaciones al reducir su energía cinética y el efecto disgregador del impacto de las gotas de lluvia. Igualmente, las raíces de las plantas contribuyen a la sujeción del suelo y al mantenimiento de la estabilidad estructural de sus agregados. Los trabajos de Espejo-Pérez *et al* (2008) sobre el uso de cubiertas vegetales en olivares andaluces demostraron su eficacia frente a la erosión al constatarse una reducción en torno a 90-95% en las pérdidas de suelos. Por otra parte, la descomposición de la cobertura vegetal deviene en un incremento del contenido de materia orgánica en el perfil del suelo, con lo cual se hace innecesario el uso de fertilizantes.

– Labranza mínima

La labranza mínima, también conocida como sistema de laboreo de conservación o labranza reducida, es una alternativa que busca reducir al mínimo las labores de remoción del suelo para evitar su degradación. Por lo general prescinde de las labores profundas que voltean el terreno en favor de varios pases con un apero superficial (cultivador pesado o de discos) que no penetra más de 15 cm en el perfil del suelo (Hernández Martos, 1990). En este sistema los residuos generados tras la cosecha permanecen en superficie, generando una cobertura de material en descomposición que protege el suelo de la erosión y lo enriquece con nutrientes.

– Labranza cero o siembra directa

La labranza cero es una alternativa que prescinde de toda actividad mecánica para no perturbar la estructura del suelo y mantener intactas sus propiedades físico-químicas. La siembra se realiza sobre los residuos de los cultivos de años anteriores, que, al igual que en el sistema de laboreo mínimo, permanecen en superficie generando una capa de cobertura vegetal permanente que protege el suelo de las precipitaciones.

– Sistemas de drenaje

El objeto del drenaje en los cultivos es el de canalizar y evacuar la escorrentía, superficial o subterránea, así como los excesos hídricos producto del regadío que se acumulan en las depresiones y en cotas más bajas de la ladera. A tal efecto las conducciones más empleadas son zanjas de desagüe, colectores de drenaje, acequias, pozos de absorción, drenes y canales de desviación.

– Enmiendas orgánicas y químicas

Las enmiendas son sustancias que se añaden al suelo para mejorar las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del horizonte orgánico del suelo. Los aportes pueden ser de tipo orgánico, conformados por los residuos vegetales (rastros, raíces, hojas, tallos, etc) y animales (estiércol, purines); y de tipo mineral o químico (cenizas de madera, carbonato cálcico, cal viva, yeso, azufre, magnesio, etc).

Entre estas técnicas, la RUSLE solo considera el cultivo en el sentido de las curvas de nivel, el cultivo en fajas, el aterrazamiento y el drenaje subsuperficial. Para la obtención del factor P en los suelos agrícolas riojanos, se ha optado por utilizar la formulación de Wischmeier y Smith (1978), que refleja la importancia de las diferentes técnicas conservacionistas en función de la pendiente de cada parcela. Las prácticas de control que consideran son: laboreo en contorno, cultivo en fajas alternantes y aterrazamiento. Tal como se muestra en la Tabla 6.1, los valores que estos autores ofrecen para el factor P difieren en función de la práctica conservacionista y de la pendiente del terreno. Para suelos desnudos, parcelas en las que no se aplica ninguna técnica de control y pendientes inferiores al 1% que no aparecen reflejadas en la tabla, se asigna un valor P de 1.

Tabla 6.1. Valores del factor P en terrenos agrícolas (Wischmeier y Smith, 1978)

| Pendiente (%) | Contorno | Fajas | Terrazas |
|---------------|----------|-------|----------|
| 1-2 | 0,60 | 0,30 | 0,12 |
| 3-8 | 0,50 | 0,25 | 0,10 |
| 9-12 | 0,60 | 0,30 | 0,12 |
| 13-16 | 0,70 | 0,35 | 0,14 |
| 17-20 | 0,80 | 0,40 | 0,16 |
| 21-25 | 0,90 | 0,45 | 0,18 |
| > 26 | 1,00 | 0,50 | 0,20 |

6.1. El factor de prácticas de conservación de suelos (P) en La Rioja

Como ya se ha comentado, para obtener el factor P en La Rioja, se ha optado por la metodología propuesta por Wischmeier y Smith (1978), en la que las prácticas de laboreo y la pendiente son los factores a tener en cuenta.

Considerando las diferencias de laboreo existentes entre los diferentes cultivos en La Rioja, el trabajo ha sido realizado a escala de parcela. Para la delimitación de estas, se utilizó la cartografía catastral (E 1:5000) facilitada por el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). En ella se superponen los planos del Catastro de Rústica y el Inventario de Frutales, con información sobre 20000 hectáreas de frutal de hueso y pepita, frutos secos y olivar (superficie, morfología, ubicación, manejo, densidad arbórea y edad).

En una fase posterior se identificaron los distintos modelos de campos presentes en el área de estudio (campos llanos, en pendiente y abancalados), utilizando para ello las ortofotografías correspondientes a los años 2009 y 2011, el Modelo Digital del Terreno y el mapa de pendientes derivado del mismo. La información sobre estos modelos resulta de vital importancia para el análisis del espacio cultivado, no tanto para la obtención del factor P.

En último lugar, se determinaron los sistemas de laboreo (laboreo tradicional, laboreo mínimo, cubierta vegetal espontánea o sembrada, cubierta vegetal inerte, no laboreo y sin mantenimiento o abandono) empleados en buena parte del espacio agrícola en 2011. Estos datos derivan de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE). En base a la información aportada por este organismo, combinándola con la cartografía catastral, el MDT, el análisis de las ortofotografías y un detallado trabajo de campo, se pudieron identificar dos patrones de laboreo de las parcelas en función de su morfología y de su pendiente media. A partir de ellos se obtuvo el factor P para La Rioja.

6.1.1. Análisis de los modelos de campos

Como se ha comentado, el análisis de las ortofotografías junto al MDT y el mapa de pendientes, han permitido reconocer diferentes modelos de campos en el área de estudio, cuya extensión, características y utilización analizamos a continuación.

– Campos llanos

Los campos llanos ocupan el 1,43% del espacio agrario (1.484,96 hectáreas) y se localizan principalmente en las llanuras aluviales y primeras terrazas de los tramos bajos de los cursos fluviales, a excepción de los ríos Leza, Jubera, Alhama y Linares. Poseen suelos profundos y de gran fertilidad que no ofrecen dificultades para el laboreo con maquinaria (Maiso y Lasanta, 1990). Estos espacios están dedicados principalmente al cultivo del cereal (915,48 ha) y en menor medida a viñedo (329,07 ha), hortalizas, forrajeras, patata (115,83 ha) y peral (93,11 ha).

Tabla 6.2. Superficie cultivada en campos llanos

| Cultivos | Superficie | |
|---------------------------------|------------|-------|
| | Hectáreas | % |
| Almendo | 7,72 | 0,52 |
| Cereal | 915,48 | 61,65 |
| Cerezo | 1,04 | 0,07 |
| Ciruelo | 0,15 | 0,01 |
| Hortalizas, forrajeras y patata | 115,83 | 7,8 |
| Manzano | 0,45 | 0,03 |
| Melocotonero | 1,48 | 0,1 |
| Nogal | 0,30 | 0,02 |
| Olivo | 19,45 | 1,31 |
| Peral | 93,11 | 6,27 |
| Vid | 329,07 | 22,16 |

– Campos en pendiente

La pendiente es un factor limitante en la medida en que una fisiografía accidentada, con inclinaciones superiores al 15%, dificulta con creces las labores agrarias y requiere una gran inversión de trabajo (Lasanta *et al*, 1994). Además, cuando se incrementa el gradiente de la ladera el potencial erosivo de la escorrentía y la producción de agua y sedimentos es mayor, de manera que los efectos erosivos son más apreciables: aumento de la pedregosidad superficial por lavado de materiales finos, incisiones, acarcavamientos y acumulación de sedimento en la parte baja de la ladera. García Ruiz *et al* (1995) estimaron que los cultivos en laderas del Pirineo registraban tasas de pérdida de suelo diez veces superiores a las de otros usos de suelo en similares condiciones de pendiente (matorral denso, prados, cultivos abandonados y en fase de recolonización vegetal).

Como ponen de manifiesto los mapas 6.1 y 6.2, los campos en pendiente son los más abundantes en el área de estudio, que representan al 97,62% del espacio total, esto es, 68.371,12 hectáreas. Las zonas de menor inclinación (1-5%) representan el 49,4% del área de estudio) y se corresponden con terrazas fluviales bajas y medias y glacis bajos. Sobre estas estructuras se cultivan grandes extensiones de cereal (38.261,22 ha) y viñedo (20.815,75 ha), y en menor medida peral de regadío (2.425,22 ha) y hortalizas (2.226,58 ha).

El 30% del espacio agrícola (41.629,19 hectáreas) se encuentra sobre parcelas con un 6-12% de inclinación (terrazas altas, glacis bajos, glacis medios y conos aluviales), en las que se cultivan las mayores superficies regionales de cereal (22.676,05 ha) y viñedo (13.382,02 ha). Las plantaciones de almendro (2.992,53 ha) y olivo (1.159,75 ha) comienzan a tener mayor presencia en estas pendientes, superando en extensión a las superficies de las parcelas de hortalizas y forrajeras (832,94 ha) y peral (225,18 ha).

Las laderas con un gradiente superior (13-20%) ocupan una superficie de 16.817,09 hectáreas (12% del total superficial), dato que evidencia la reducción del espacio cultivado a medida que aumentan las pendientes. El cereal de secano, que ha disminuido notablemente su superficie, se mantiene como el cultivo dominante con 9.846 hectáreas, seguido a cierta distancia por el viñedo, con 3.880,48 hectáreas y el almendro, con 2.060,14 hectáreas.

Si bien el cultivo en parcelas con pendientes superiores al 20% se considera el límite máximo para la práctica agrícola, el 6,9% del espacio agrícola se localiza en estos espacios. Aunque su distribución por el área de estudio es muy heterogénea, la mayor parte se concentra en la Rioja Baja, en el sector del valle del Linares hasta su desembocadura en el río Alhama. Estas parcelas se instalan fundamentalmente sobre taludes de contacto entre niveles de terrazas y glacis, barrancos, cabeceras de arroyos, piedemontes de las sierras meridionales, zona superior de los glacis de la Hoya de Arnedo y márgenes del curso alto de los ríos Leza, Salado, Jubera, Santa Engracia, Majeco, Cidacos y Añamaza. Estas plantaciones están dedicadas casi exclusivamente al cultivo de cereal de secano (3.917,94 ha), almendro (3.034,96 ha), vid (1.661,06 ha) y olivo (698,38 ha).

Tabla 6.3. Superficie cultivada por intervalo de pendientes

| Cultivos | 1-2 % | 3-5 % | 6-8 % | 9-12 % | 13-16 % | 17-20 % | 21-25 % | > 26 % |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Almendro | 403,53 | 1.733,40 | 1.480,48 | 8,08 | 1.514,75 | 94,08 | 1.104,63 | 1.929,35 |
| Cereal | 20.834,22 | 17.420,16 | 12.004,04 | 56,99 | 10.683,87 | 3.337,69 | 1.660,43 | 2.256,54 |
| Cerezo y guindo | 108,51 | 110,28 | 77,80 | 0,39 | 73,11 | 18,37 | 16,98 | 34,97 |
| Ciruelo | 64,43 | 48,25 | 70,94 | 0,12 | 22,50 | 11,26 | 11,96 | 21,93 |
| Hortalizas, forrajeras y patata | 1.244,49 | 978,70 | 501,12 | 1,76 | 329,95 | 112,62 | 102,28 | 163,59 |
| Manzano | 74,60 | 37,91 | 13,73 | 0,05 | 9,37 | 2,96 | 6,18 | 10,08 |
| Melocotonero y nectarino | 135,64 | 51,69 | 11,44 | 0,05 | 9,37 | 0,59 | 2,70 | 6,52 |
| Nogal | 13,56 | 24,12 | 29,75 | 0,22 | 41,24 | 46,83 | 24,32 | 35,16 |
| Olivo | 651,07 | 1.168,24 | 672,74 | 2,61 | 489,29 | 248,36 | 243,16 | 455,22 |
| Peral | 1.959,99 | 465,23 | 146,45 | 0,42 | 78,74 | 16,60 | 13,89 | 20,15 |
| Vid | 8.406,26 | 12.409,50 | 7.898,96 | 29,26 | 5.485,35 | 1.189,62 | 671,19 | 989,87 |
| TOTAL | 33.909,87 | 34.461,25 | 22.882,27 | 18.746,92 | 10.889,76 | 5.927,34 | 3.859,66 | 5.927,34 |

– Campos abancalados

Los banales son estructuras heredadas de una economía tradicional de subsistencia, en la cual los agricultores hubieron de adaptarse a las difíciles condiciones del medio físico. Como señala Lasanta (1989), desde mediados del s.XX la mayoría de las superficies aterrazadas dejan de cultivarse por las dificultades en su trabajo con maquinaria agrícola, y se acelera el proceso de abandono de las mismas. Sin embargo, y como muestran Ruiz Flaño *et al* (2009), un pequeño porcentaje de estas estructuras (5%) sigue en activo en el Sistema Ibérico riojano dedicado al almendro y al olivar. A conclusiones similares llegan Oserin (2006), quien señala que en los valles del Iregua, Leza, Jubera y Cidacos los banales están ocupados por especies frutícolas y en menor medida cereal. Maiso y Lasanta (1990) estiman en un 30% la superficie de banales dedicada a almendros en el valle del Linares.

En el área de estudio la superficie abancalada es reducida, pues apenas representa 1.268,17 hectáreas (0,91% del espacio agrario). Se trata de espacios marginales y alejados de los núcleos urbanos, ocupados principalmente por plantaciones maduras de frutal, en especial de almendro (594,01 ha) y olivo (235,62 ha) en secano, con una edad promedio de 34 y 79 años respectivamente (Tabla 6.4). Las terrazas de mayor accesibilidad, con suelos profundos y amplios rellanos, al facilitar la mecanización, se dedican principalmente al cultivo de cereal (240,95 ha) y vid (119,46 ha) en secano.

La presencia de bancales en la comarca de Rioja Alta es meramente anecdótica. La mayor parte se encuentra en el interfluvio de los ríos Cárdenas y Tobía, en el arroyo Pedroso y en las laderas septentrionales de las sierras de Pradilla y Moncalvillo, ocupados exclusivamente por almendros, nogales y olivos. El resto de superficies abancaladas se distribuye de forma irregular en las márgenes del arroyo de Santa Clara, tributario del Oja-Tirón (almendro y manzano); margen derecha del río Tirón entre los municipios de Tormantos, Leiva y Herramélluri (cereal, hortalizas y almendro); laderas de contacto entre niveles de glacis al sur de Briones y San Asensio (hortalizas, cereal, vid y olivo); piedemonte sur de la Sierra de Toloño (olivo), laderas de la margen izquierda del arroyo San Vicente en Camprovín (vid, almendro y nogal), y glacis medios al este de la localidad de Huércanos (vid y olivo).

En la Rioja Media la superficie abancalada se concentra en las rampas de contacto entre terrazas de la margen derecha del río Iregua, entre Viguera y Nalda (olivo y ciruelo), laderas del tramo del río Leza que discurre encajado entre los núcleos de Leza y Ribafrecha (cereal y olivo), la margen izquierda del río Jubera entre Ventas Blancas y Santa Engracia del Jubera (almendro y olivo), y taludes entre niveles de glacis medios y altos desde Murillo de río Leza hasta Ausejo (cereal y almendro).

Es en la Rioja Baja, en concreto el sector de la Depresión de Arnedo y la cuenca de los ríos Alhama y Linares, donde se concentra la mayor parte de superficie abancalada en activo de la región (85,8%), dando lugar a un complejo mosaico agrícola de terrazas y campos en pendiente que, según Lasanta *et al* (2013), es propio de las áreas de transición. Estas zonas albergan las plantaciones de almendros y olivos más extensas y longevas (203 y 210 años), con densidades arbóreas medias de 333 y 300 ejemplares por hectárea, y marcos de plantación irregulares que imposibilitan el laboreo mecanizado. Los suelos están cubiertos buena parte del año por vegetación que crece de forma espontánea y no es eliminada por el agricultor. En Aguilar del río Alhama, Alfaro, Calahorra y Muro de Aguas los bancales se dedican fundamentalmente al cereal de secano, mientras que en Herce y Santa Eulalia Bajera se inclinan por el olivo, y en Bergasa por el viñedo.

Tabla 6.4. Características de las superficies abancaladas

| Cultivos | Ha | % | Parcelas | Secano | Regadío | Edad promedio | Densidad promedio |
|---------------------------------|--------|-------|----------|--------|---------|---------------|-------------------|
| Almendro | 847,03 | 55,43 | 4291 | 4222 | 69 | 34 | 338 |
| Cereal | 187,32 | 12,25 | - | - | - | - | - |
| Cerezo y guindo | 2,37 | 0,15 | 44 | 24 | 20 | 22 | 400 |
| Ciruelo | 1,09 | 0,07 | 47 | 4 | 43 | 21 | 554 |
| Hortalizas, forrajeras y patata | 58,01 | 3,79 | - | - | - | - | - |
| Manzano | 0 | 0 | 23 | 4 | 19 | 16 | 1009 |
| Melocotonero | 2,01 | 0,13 | 17 | 1 | 16 | 16 | 704 |
| Nogal | 62,42 | 4,08 | 51 | 34 | 17 | 17 | 286 |
| Olivo | 215,57 | 14,10 | 1883 | 1637 | 246 | 79 | 311 |
| Peral | 8,63 | 0,56 | 53 | 6 | 47 | 20 | 1010 |
| Vid | 143,59 | 9,39 | - | - | - | - | 3000 |



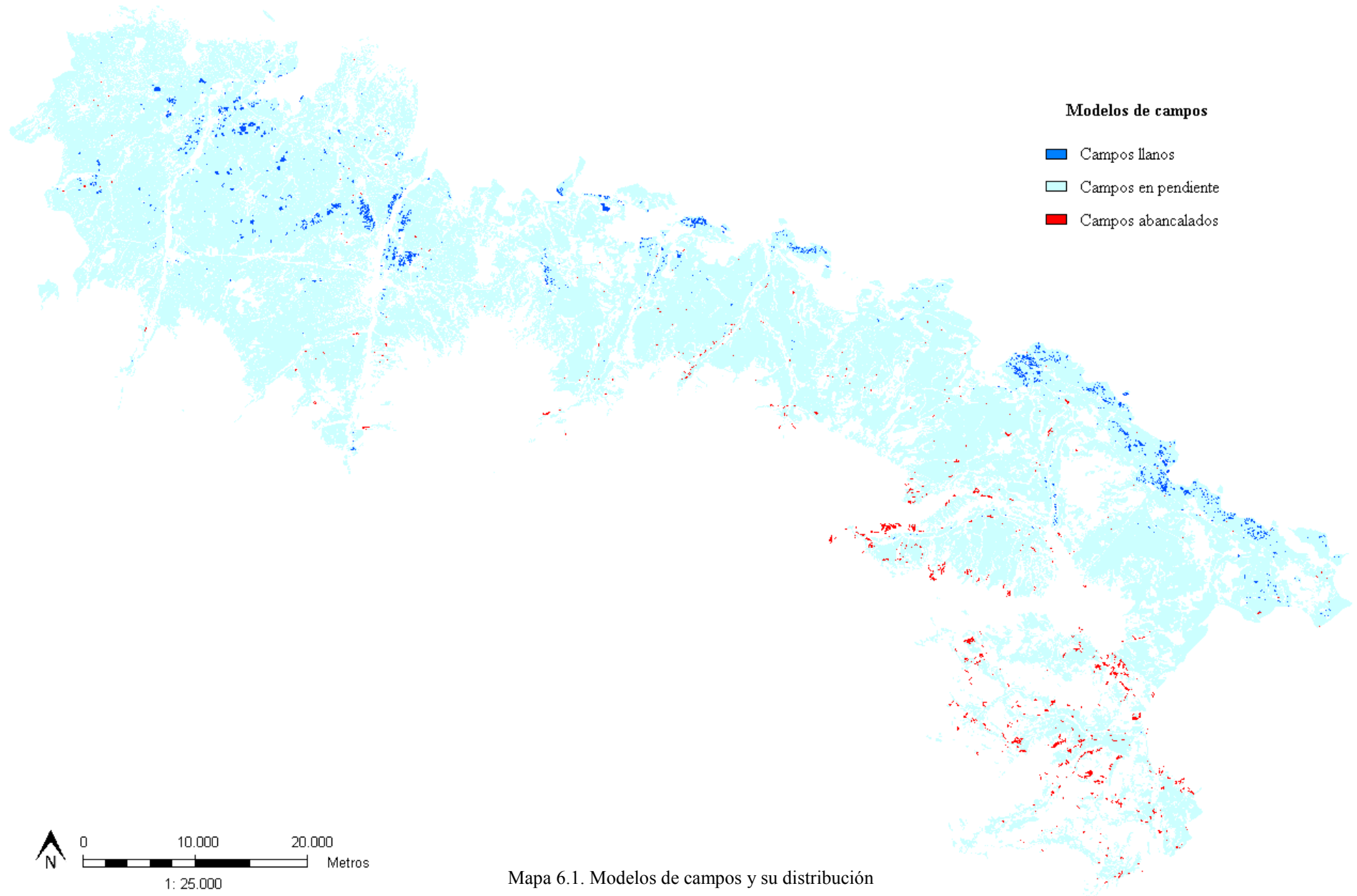
Foto 6.1. Campo llano de cereal (Villamediana de Iregua)

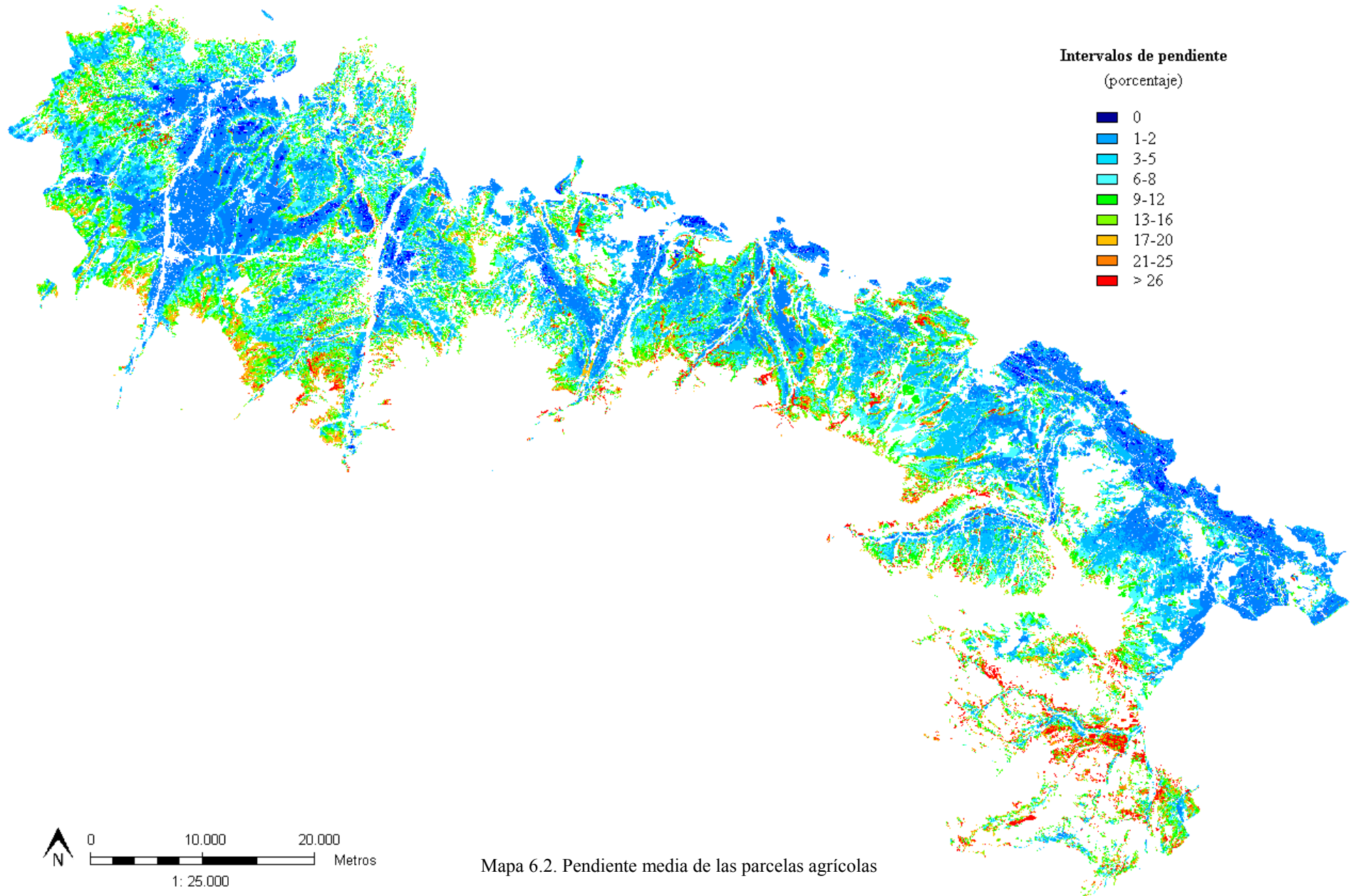


Foto 6.2. Campo en pendiente cultivado con viñedo (Nalda)



Foto 6.3. Superficies abancaladas con almendro y olivo (Cornago)





6.1.2. Sistemas de laboreo

Como señalan Lasanta y Sobrón (1988), la elección de un sistema de laboreo y método de explotación adecuados resulta de enorme importancia desde el punto de vista hidromorfológico y para la conservación del suelo. Según datos de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) de 2011 (Tabla 6.5), los métodos de trabajo más utilizados en el campo riojano son la labranza mínima (38.495 ha) y el laboreo tradicional (18.348 ha). A gran distancia se sitúan la técnica sin mantenimiento (7.048 ha), la cubierta vegetal espontánea (3.967 ha) y la cubierta vegetal sembrada (2.933 ha). Finalmente, la técnica de no laboreo tiene una presencia muy reducida en el conjunto regional (273 ha).

Tabla 6.5. Distribución de las técnicas de mantenimiento del suelo en La Rioja. Fuente: ESYRCE (2011)

| Técnicas | Ha | % |
|-----------------------------|--------|-------|
| Laboreo tradicional | 18.348 | 13,31 |
| Laboreo mínimo | 38.495 | 27,92 |
| Cubierta vegetal espontánea | 3.696 | 2,68 |
| Cubierta vegetal sembrada | 2.933 | 2,12 |
| Cubierta inerte (mulch) | - | - |
| Sin mantenimiento | 7.048 | 5,11 |
| No laboreo | 273 | 0,19 |
| Sin información | 67.036 | 48,63 |

En la labranza mínima se utilizan aperos de laboreo superficial como cultivadores (para viñedo y melocotonero) y gradas ligeras (para cerezo, ciruelo y peral), cuya profundidad de trabajo es de 10-15 cm. Este es el sistema más empleado para las plantaciones de especies leñosas de la región puesto que no daña su sistema radicular y deja en superficie una cobertura de residuos superior a 30%, que ayuda a retener la humedad del suelo a la vez que lo protege (Foto 6.4).

En el laboreo tradicional las labores previas a la siembra, es decir, las labores primarias, se realizan a cierta profundidad con aperos de vertedera (en el caso del cereal, patata), grada de discos (en forrajeras, guisante, judía verde, tomate, pimiento, remolacha azucarera, etc), chisel (en coliflor) o subsolador (en girasol); que invierten parcial o totalmente los horizontes edáficos más superficiales (Foto 6.5). El propósito principal de las labores primarias es preparar el lecho de siembra a la vez que los

rastrojos de la cosecha anterior y la maleza son enterrados. Tan solo un 5% de los residuos vegetales permanece en superficie. Por tanto el suelo queda desprotegido y vulnerable a las inclemencias climáticas un intervalo de tiempo variable en función del cultivo que se quiera sembrar.

Las cubiertas vegetales, bien sean de crecimiento espontáneo (malas hierbas) o sembradas (gramíneas, leguminosas y crucíferas), se utilizan principalmente en leñosos bajo régimen de regadío intensivo como frutales de hueso y pepita (Albelda, Nalda, Entrena, Lardero, Calahorra, Aldeanueva de Ebro, Rincón de Soto y Alfaro), olivo (Calahorra, Pradejón y Alfaro), y en menor medida, viñedo.

En la mayor parte de las laderas abancaladas cultivadas con especies leñosas, como almendros u olivos, con marcos de plantación heredados de un modelo de explotación antiguo que dificulta el laboreo mecanizado, se utiliza la técnica del no laboreo combinada con la aplicación de herbicidas que controlan la proliferación de las malas hierbas (Foto 6.3). En algunos casos no se aplican medidas de control ni mantenimiento alguno.



Foto 6.4. Parcela de viñedo en laboreo mínimo (Logroño)



Foto 6.5. Parcela de cereal bajo laboreo tradicional (Villamediana de Iregua)



Foto 6.6. Cubierta vegetal espontánea en cerezo (Albelda de Iregua)



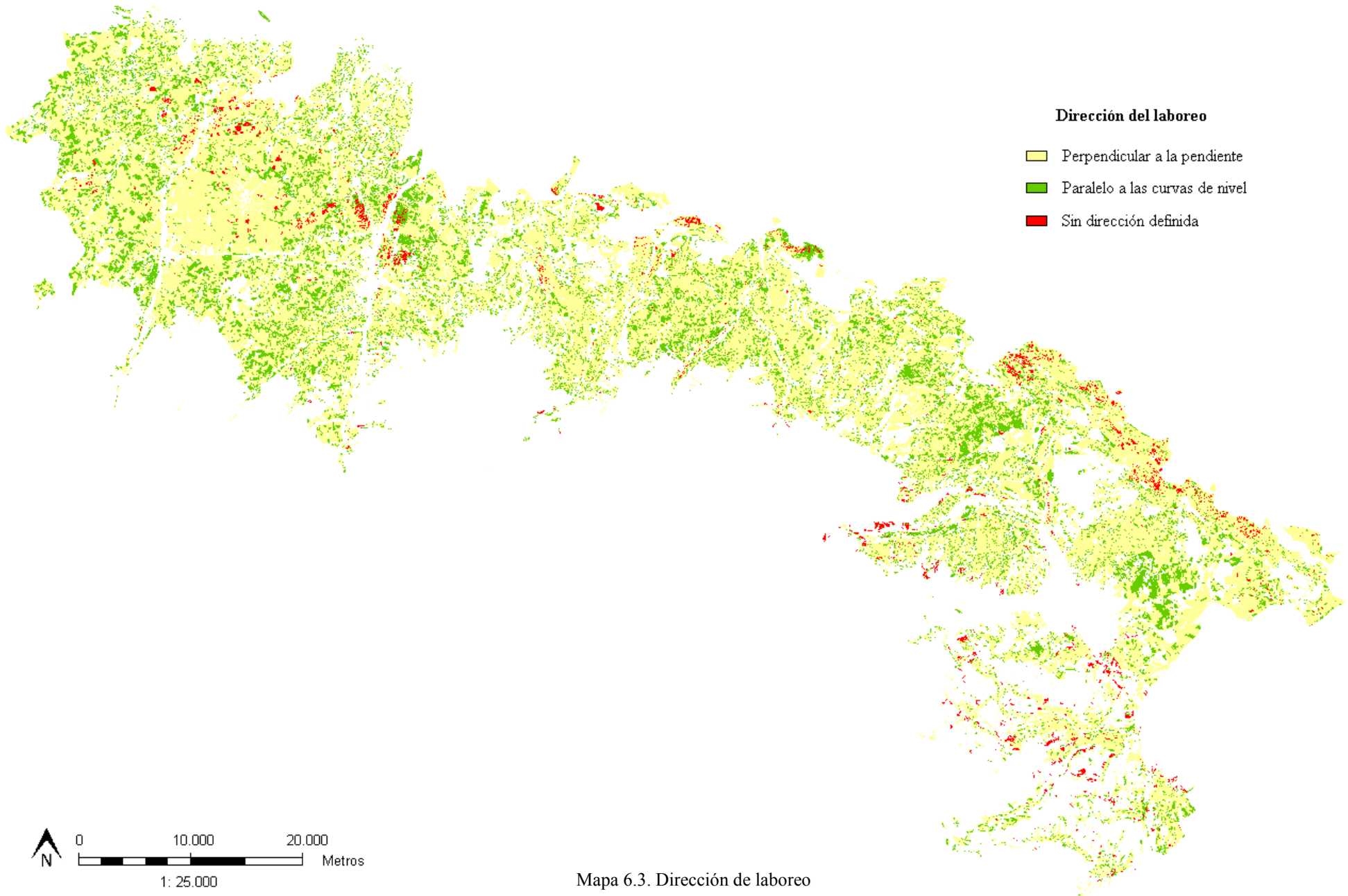
Foto 6.7. Finca de olivo sin mantenimiento o en régimen de no laboreo (Villamediana de Iregua)

6.1.3. Dirección del laboreo

La dirección en la que se realizan las labores es otro factor de importancia, y sin embargo se encuentra fuertemente condicionado por la morfología de la parcela y la curvatura de la ladera. Como puede apreciarse en el Mapa 6.3 y en la Tabla 6.6, la mayor parte de las explotaciones agrícolas de La Rioja (75,85%) utilizan un modelo de remoción del suelo a favor de la pendiente. Es decir, los agricultores riojanos utilizan un método inadecuado y contrario a los criterios de conservación del suelo, incrementando así el volumen y la capacidad erosiva de la escorrentía. De hecho, Lasanta (1985), en una investigación sobre viñedos labrados a favor de la pendiente, documentó incisiones en la práctica totalidad de las parcelas.

Tabla 6.6. Dirección del laboreo en el espacio agrícola riojano

| Dirección | Superficie | |
|--------------------------------|------------|-------|
| | Hectáreas | % |
| Perpendicular a la pendiente | 104.543,30 | 75,85 |
| Paralelo a las curvas de nivel | 30.032,94 | 21,79 |
| Sin dirección definida | 3.238,98 | 2,35 |



Mapa 6.3. Dirección de laboreo

Como se puede observar en la Tabla 6.7, aproximadamente más de la tercera parte de las explotaciones agrícolas, excepto el nogal, se trabajan en el sentido de la pendiente, siendo los porcentajes de melocotonero y peral los más elevados. Por superficie, los cultivos con mayor número de hectáreas en este sistema son el cereal (53.203,56 ha) y el viñedo (27.758,93 ha), seguidos en importancia por el almendro (6.633,37 ha), el olivo (3.058,05 ha) y hortalizas, forrajeras y patata (2.657,91 ha). Por otra parte la normativa española de Condicionalidad, Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales desaconseja este método cuando las pendientes son superiores al 10%, y sin embargo, 15.634,12 hectáreas se trabajan en La Rioja obviando esta premisa.

Tabla 6.7. Dirección del laboreo en los cultivos

| Cultivos | Perpendicular a la pendiente | | Paralelo a las curvas de nivel | | Sin dirección definida | |
|--------------------------|------------------------------|-------|--------------------------------|-------|------------------------|------|
| | Ha | % | Ha | % | Ha | % |
| Almendro | 6.633,37 | 72,71 | 1.915,84 | 21,00 | 573,84 | 6,29 |
| Cereal | 53.203,56 | 76,71 | 14.779,92 | 21,31 | 1.373,26 | 1,98 |
| Cerezo y guindo | 353,24 | 79,59 | 85,79 | 19,33 | 4,79 | 1,08 |
| Ciruelo | 186,77 | 73,93 | 64,42 | 25,50 | 1,44 | 0,57 |
| Hortalizas, forrajeras y | 2.657,91 | 73,66 | 788,79 | 21,86 | 162,01 | 4,49 |
| Manzano | 128,46 | 82,70 | 26,25 | 16,90 | 0,62 | 0,40 |
| Melocotonero | 191,08 | 86,27 | 27,95 | 12,62 | 2,48 | 1,12 |
| Nogal | 191,63 | 68,95 | 59,50 | 21,41 | 26,79 | 9,64 |
| Olivo | 3.058,05 | 73,41 | 843,56 | 20,25 | 264,11 | 6,34 |
| Peral | 2.328,63 | 83,07 | 343,95 | 12,27 | 130,63 | 4,66 |
| Vid | 2.7758,93 | 73,92 | 9.260,49 | 24,66 | 533,25 | 1,42 |

El método de laboreo en el sentido de las curvas de nivel se utiliza en el 21,79% del campo riojano (Fotos 6.10 y 6.11), y es considerada la práctica de control más adecuada para atenuar los procesos de erosión hídrica en laderas. No obstante, en algunos casos, su utilización no resulta tan ventajosa. Así, las investigaciones de de Alba *et al* (2011) comprobaron que, bajo lluvias de elevada intensidad, las tasas de erosión fueron mucho más elevadas en parcelas de secano labradas a nivel que en campos labrados a favor de la pendiente, debido al efecto de rotura en cascada de los surcos y a la formación de una red de drenaje con gran capacidad de concentración de agua ladera abajo. Este patrón de laboreo se utiliza en cerca del 25% de las plantaciones de ciruelo y viñedo, si bien las mayores superficies se corresponden con el cereal (14.779,92 ha) y la vid (9.260,49 ha),

seguidas a gran distancia por el almendro (1.915,84 ha), el olivo (843,56 ha) y hortalizas, forrajeras y patata (788,79 ha).

Por último hay algunas áreas llanas y abancaladas en las que la remoción del suelo no presenta dirección definida (Foto 6.12). Los cultivos con mayor representación en este sistema son el cereal (1.373,26 ha), el almendro (573,84 ha) y el viñedo (533,25 ha); si bien los porcentajes de ocupación por especie son más altos en nogal (9,64%), almendro (6,29%) y olivo (6,34%)



Foto 6.8. Viñedo con marco de plantación y laboreo en el sentido de la pendiente (Ausejo)



Foto 6.9. Parcela de cereal cosechada en el sentido de la pendiente (Badarán)



Foto 6.10. Parcela de cereal cosechada en dirección transversal a la pendiente (Logroño)



Foto 6.11. Viñedo con marco de plantación y laboreo transversal a la pendiente (Logroño)



Foto 6.12. Campo llano de cereal cosechado (Villamediana de Iregua)

Tabla 6.8. Dirección del laboreo en los cultivos por intervalos de pendiente

| Dirección | Pendiente | Cultivo | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | Almendro | Cereal | Cerezo y guindo | Ciruelo | Hortalizas, forrajeras y patata | Manzano | Melocotonero | Nogal | Olivo | Peral | Vid |
| Perpendicular a la pendiente | 1-2 % | 304,40 | 17.668,09 | 98,83 | 61,25 | 993,31 | 65,55 | 123,90 | 15,60 | 555,27 | 1.847,70 | 6.826,70 |
| | 3-5 % | 1.307,57 | 12.567,76 | 80,96 | 37,74 | 764,90 | 27,10 | 41,70 | 18,99 | 895,96 | 355,00 | 8.697,07 |
| | 6-8 % | 1.083,29 | 8.217,19 | 59,43 | 25,50 | 394,29 | 10,54 | 8,83 | 30,70 | 523,91 | 112,25 | 5.430,51 |
| | 9-12 % | 1.050,79 | 7.529,31 | 54,43 | 18,20 | 263,86 | 8,59 | 7,47 | 34,46 | 379,93 | 67,41 | 3.823,42 |
| | 13-16 % | 725,46 | 4.300,10 | 18,90 | 14,36 | 130,94 | 3,58 | 1,62 | 26,46 | 200,57 | 20,76 | 1.774,33 |
| | 17-20 % | 564,61 | 2.054,22 | 8,84 | 9,76 | 79,21 | 2,36 | 0,66 | 25,06 | 174,61 | 12,66 | 721,99 |
| | 21-25 % | 544,30 | 918,15 | 9,09 | 10,70 | 58,48 | 3,82 | 1,54 | 17,00 | 126,69 | 9,29 | 402,66 |
| | > 26 % | 1.059,97 | 843,44 | 23,83 | 9,41 | 78,21 | 7,44 | 7,53 | 23,72 | 220,83 | 10,16 | 376,80 |
| Paralelo a las curvas de nivel | 1-2 % | 84,65 | 2.311,67 | 8,07 | 12,89 | 285,17 | 7,40 | 10,79 | 3,89 | 115,67 | 177,67 | 1.329,93 |
| | 3-5 % | 336,84 | 3.939,80 | 22,48 | 16,28 | 226,52 | 10,53 | 10,96 | 9,89 | 278,40 | 119,13 | 3.179,39 |
| | 6-8 % | 287,78 | 3.046,58 | 15,94 | 8,09 | 106,91 | 3,90 | 4,05 | 6,03 | 134,71 | 35,77 | 2.086,32 |
| | 9-12 % | 310,99 | 2.438,81 | 14,96 | 6,81 | 66,17 | 1,70 | 1,39 | 10,32 | 80,48 | 12,15 | 1.358,27 |
| | 13-16 % | 234,71 | 1.620,86 | 5,77 | 4,54 | 36,35 | 0,64 | 0,57 | 9,39 | 59,08 | 4,87 | 696,28 |
| | 17-20 % | 206,34 | 921,50 | 7,01 | 2,66 | 28,32 | 0,48 | 0,25 | 10,36 | 43,37 | 3,78 | 342,12 |
| | 21-25 % | 184,41 | 437,30 | 4,92 | 3,09 | 22,46 | 0,44 | 0,22 | 5,52 | 44,31 | 1,71 | 184,74 |
| | > 26 % | 272,63 | 313,56 | 6,92 | 10,10 | 47,99 | 1,27 | 0,03 | 4,22 | 92,89 | 4,60 | 181,68 |
| Sin dirección definida | 1-2 % | 1,16 | 15,55 | 0 | 0,01 | 3,95 | 0 | 0 | 0 | 0,60 | 3,58 | 2,78 |
| | 3-5 % | 6,00 | 19,82 | 2,25 | 0,54 | 6,57 | 0 | 0 | 0 | 13,33 | 2,14 | 37,41 |
| | 6-8 % | 27,81 | 37,67 | 0 | 0,34 | 5,34 | 0 | 0 | 0,10 | 20,94 | 1,43 | 10,70 |
| | 9-12 % | 62,79 | 46,72 | 0 | 0,23 | 2,64 | 0 | 0 | 1,71 | 30,46 | 1,09 | 21,78 |
| | 13-16 % | 68,20 | 42,31 | 0,02 | 0 | 1,59 | 0 | 0 | 0,40 | 25,13 | 0,01 | 25,57 |
| | 17-20 % | 76,23 | 25,03 | 1,01 | 0,06 | 1,19 | 0 | 0 | 6,32 | 21,18 | 0 | 17,90 |
| | 21-25 % | 99,11 | 18,36 | 0 | 0,05 | 1,55 | 0 | 0 | 0,12 | 29,87 | 0,02 | 13,82 |
| | > 26 % | 223,03 | 22,94 | 0,17 | 0 | 2,79 | 0 | 0 | 0,81 | 97,55 | 0,03 | 10,50 |
| | | 9.123,05 | 69.356,74 | 443,82 | 252,63 | 3.608,71 | 155,33 | 221,51 | 277,92 | 4.165,72 | 2.803,21 | 37.552,67 |

6.2 Estimación del factor P en La Rioja

Combinando los mapas de modelos de campos (Mapa 6.1) y de dirección del laboreo (Mapa 6.3), hemos obtenido el mapa de factor de conservación (P) para el espacio agrícola riojano. Es cierto que los resultados son limitados por el propio procedimiento utilizado. De hecho, las únicas prácticas de control contempladas por Wischmeier y Smith (1978) son el cultivo en contorno, el cultivo en fajas alternantes y el aterrazamiento. De ellas, la práctica del laboreo en fajas tiene escasa aplicación en la Península y no se ha detectado su uso en La Rioja, donde sí existen otros sistemas de control, como el de cubiertas vegetales, que se utilizan de forma regular y que, sin embargo, no se contemplan en el cómputo de este subfactor. Por ello, creemos que los resultados obtenidos presentan una sobreestimación de este factor en nuestra región, lo que redundará en mayores pérdidas de suelo en la formulación final.

El mapa de factor P (Mapa 6.4) presenta un valor medio de 0,91, siendo el máximo 1 y un mínimo de 0,1. Este hecho parece evidenciar, con las limitaciones y precauciones que hemos comentado en el párrafo anterior, la escasa aplicación de prácticas de control de la erosión y conservación de suelos en nuestra región. Solo en el 22,14% del espacio agrícola riojano se han adoptado medidas, de las cuales el 21,35% se corresponden con espacios cultivados en paralelo a las curvas de nivel y el 0,79% con espacios abancalados. En la Tabla 6.9 puede apreciarse la escasa representación de ambas prácticas en el conjunto regional.

Los valores de P más bajos, entre 0,10 y 0,18, se identifican con espacios aterrazados situados en laderas con pendientes entre 1 y 25%, esto es el 0,62% del espacio agrario. Estos bancales, herederos del antiguo modelo de agricultura de subsistencia característica de ciertas áreas de la montaña mediterránea (Oserin, 2006), se localizan en los altos valles del Najerilla y del Iregua, el tramo medio de los valles del Leza y del Jubera, los pronunciados escarpes entre niveles de glaciares altos y medios del valle del Cidacos, y en la extensa red de barrancos que drenan los valles del Linares y del Alhama.

A los espacios cultivados en el sentido de las curvas de nivel les corresponden valores de P entre 0,5 y 1. Los valores intermedios (0,5 y 0,6) se localizan sobre laderas con pendientes de 1-12% y comprenden una superficie de 23.952,29 hectáreas (el 17,36% del área de estudio). Los valores más altos (0,7-0,9) están asociados a campos con

pendientes comprendidas entre 13 y 25% (casi el 4% del espacio agrícola), localizados, principalmente, en los piedemontes de las sierras de Obarenes-Cantabria y del Sistema Ibérico, en escarpes entre niveles de glaciares, y las laderas de pendiente moderada y abrupta que flanquean la red de arroyos y barrancos de los cursos medios de los ríos Najerilla, Leza, Linares y Alhama.

Por su parte, el valor máximo (P=1) se identifica con cultivos instalados sobre laderas con pendientes superior a 26%, aunque estos valores máximos representan tan sólo el 0,72% del espacio total, que tiene, además, una distribución muy heterogénea. Destacan, por su mayor superficie, aquellos emplazados en los pronunciados escarpes terciarios que conectan diferentes niveles de glaciares, las accidentadas laderas de la red de arroyos de la margen izquierda del río Tirón, el encajado tramo del río Leza entre Ribafrecha y Leza de río Leza, y las cabeceras de barrancos de los cursos del Alhama y del Linares.

Los campos con laboreo en el sentido de la pendiente (69,27%), las parcelas sin mantenimiento o bajo la técnica de no laboreo (6,30%) y las tierras llanas en las que no se puede apreciar la dirección de los trabajos agrícolas (1,43%) reciben un valor adimensional de 1, que representa una mayor vulnerabilidad a la erosión.

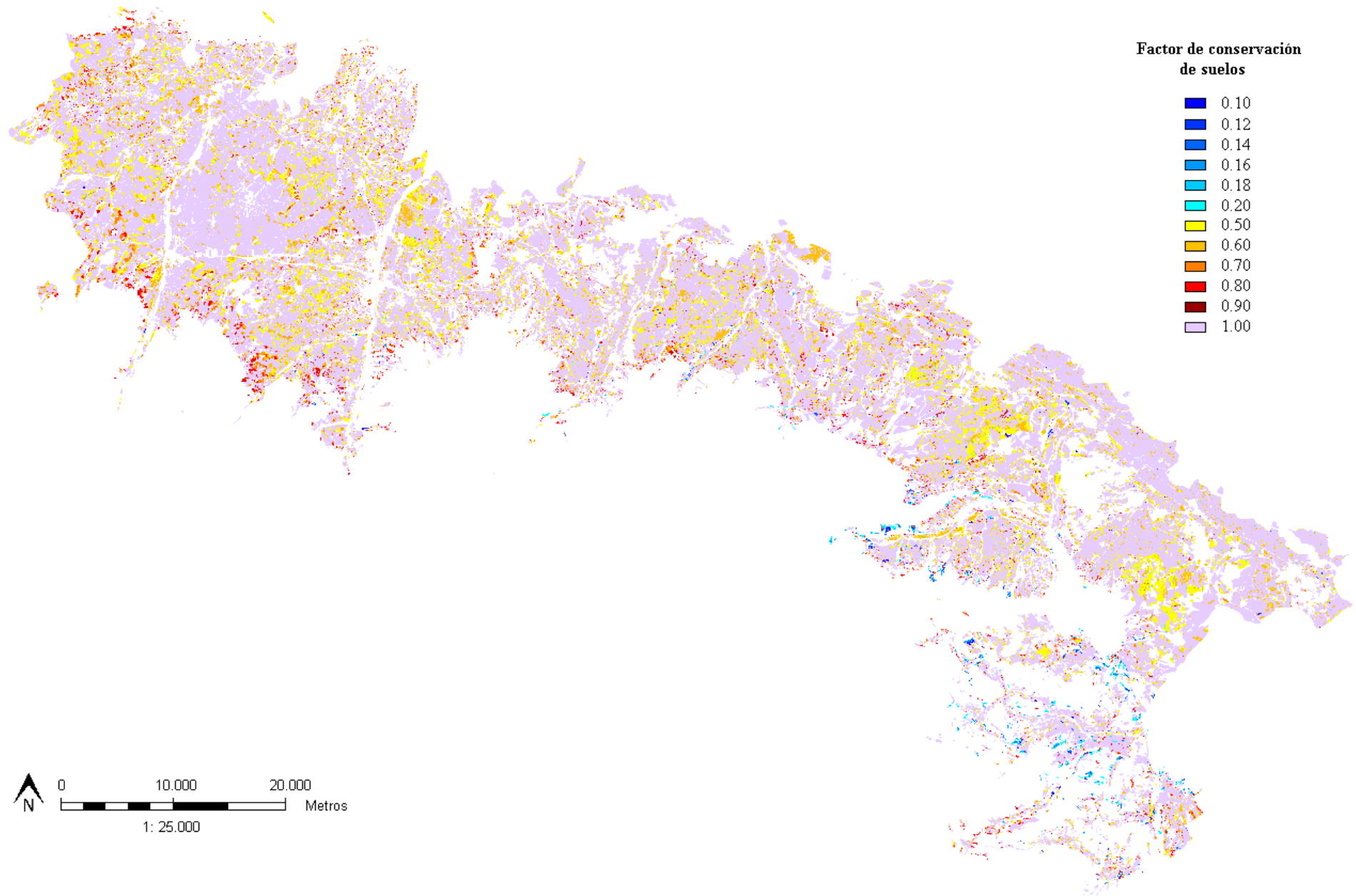
Tabla 6.9. Valores y superficie del factor P de Wischmeier y Smith (1978)

| Valor | Superficie | |
|-------|------------|-------|
| | Hectáreas | % |
| 0,10 | 162,27 | 0,12 |
| 0,12 | 195,60 | 0,14 |
| 0,14 | 163,87 | 0,12 |
| 0,16 | 163,18 | 0,12 |
| 0,18 | 166,67 | 0,12 |
| 0,20 | 372,10 | 0,27 |
| 0,50 | 1.4760,01 | 10,70 |
| 0,60 | 9.192,28 | 6,66 |
| 0,70 | 2.852,78 | 2,07 |
| 0,80 | 1.667,56 | 1,21 |
| 0,90 | 950,93 | 0,69 |
| 1,00 | 107.302,93 | 77,78 |

6.3 Discusión

Los resultados expuestos muestran las limitaciones que presenta la aplicación del factor P tal como lo propusieron Wischmeier y Smith en 1978. La escasez de medidas contempladas por estos autores parece ofrecer sobreestimaciones de este valor, que alcanza en nuestra región un valor medio de 0.91, probablemente poco ajustado a la realidad. En cualquier caso, estos mismo resultados sí parecen evidenciar la efectividad del método de abancalamiento de cara a la protección y el mantenimiento de los suelos. Es precisamente en los espacios abancalados donde los valores del factor de conservación son los más bajos del área de estudio. Por su parte, la práctica de laboreo en surcos paralelos a las curvas de nivel solo se ha mostrado efectiva en laderas de baja o moderada pendiente.

La utilización de cualquiera de estas dos medidas resultaría de gran ayuda para reducir los procesos de erosión en laderas de nuestro espacio agrícola. Si bien la creación de nuevos espacios abancalados se presenta como una solución factible en laderas con pendientes moderadas, es cierto que resulta una medida poco atractiva para el agricultor debido a la gran inversión económica y, sobre todo, de trabajo que requiere su construcción y su mantenimiento, así como las dificultades que entraña para la mecanización de las labores agrarias (Lasanta, 1989). Una alternativa más atractiva sería recuperar las mejores terrazas abandonadas y cultivarlas con especies resistentes y poco exigentes en cuidados, como la vid y los árboles de fruto seco.



Mapa 6.4. Valores y distribución del factor de prácticas de conservación de Wischmeier y Smith (1978)

7. PÉRDIDA ANUAL DE SUELOS EN EL ESPACIO AGRÍCOLA RIOJANO (A)

A lo largo de los capítulos anteriores se han mostrado tanto los datos disponibles como el procedimiento seguido, muy complejo en algún caso, para obtener los distintos factores que entran en juego en la RUSLE. Según la formulación de esta ecuación, el producto de todos los factores anteriores, para el que se ha utilizado el SIG MFWorks, ofrece como resultado la pérdida anual de suelos, en este caso del espacio agrícola riojano.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Es a éste último aspecto al que se dedica este capítulo. En él se presentan los resultados de la pérdida de suelos en los espacios cultivados de La Rioja, en relación a los factores analizados a lo largo de este trabajo de investigación: precipitaciones, suelos, relieve, mosaico agrario y prácticas culturales de labranza y conservación de los suelos. Para facilitar la comprensión de estos resultados, la cartografía y las tablas se han simplificado, dividiendo el espacio total en unidades de trabajo más pequeñas que ya han sido presentadas para mostrar los resultados del factor C (Capítulo 5).

En primer lugar, se presentan las tasas de pérdida de suelos calculadas a escala zonal, así como el porcentaje de superficie afectada por la erosión conforme a los intervalos de tolerancia a la pérdida de suelos (T value) establecidos por Wischmeier y Smith (1978) y consignados en el manual de RUSLE (Renard *et al*, 1996). Según estos autores, el valor máximo de erosión permitido para sustentar una agricultura sostenible es de $>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que los umbrales tolerables se encuentran entre $2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y los bajos entre $0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

A continuación se incorporan los resultados por tipos de cultivo: cereal, hortalizas, patata, forrajeras, cultivos industriales, frutal de fruto seco, frutal de pepita, frutal de hueso, olivar y viñedo. Por cuestiones prácticas y de legibilidad del capítulo solo se comentan las tasas relativas a los cultivos que ocupan mayor superficie en la unidad, aunque en las tablas aparecen todos los datos desglosados. Y, en último lugar, se identifican los porcentajes de superficie afectada por diferentes tasas de pérdida de suelos, conforme a los intervalos de susceptibilidad a la erosión manejados por Renard *et al* (1996); si bien dichos intervalos se han dividido en unidades más pequeñas

(Inventario Nacional de Erosión de Suelos; Bosco *et al*, 2008) para mejorar la precisión de los resultados (Tabla 7.1).

Con ello se cumple uno de los objetivos principales de esta tesis, caracterizar la dinámica erosiva del espacio agrario riojano, aspecto de especial interés para comprender las consecuencias geomorfológicas que tiene la gestión agrícola en los procesos erosivos de las vertientes.

Tabla 7.1. Clasificación de los valores de pérdida de suelos (según Bosco *et al*, 2008)

| Intervalos de tolerancia (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | Susceptibilidad a la erosión | Vida útil del suelo (años) | |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--------|
| 0,001-2 | 0,001-0,5 | Muy ligera | - |
| | 0,5-1 | Ligera | >100 |
| | 1-2 | Baja | 50-100 |
| 2-12 | 2-5 | Moderada-baja | 25-50 |
| | 5-8 | Moderada-alta | 25-50 |
| | 8-12 | Alta | 10-25 |
| > 12 | 12-20 | Muy alta | < 10 |
| | 20-50 | Muy alta | < 10 |
| | >50 | Muy alta | < 10 |

En lo referente a la distribución de los rangos erosivos a nivel regional, el sector que reúne mayor porcentaje de superficies susceptibles a pérdidas de suelos muy altas es la zona de Moncalvillo con un 7,47%, seguido muy de cerca por la zona de Yerga (7,29%), Villar de Torre (6,83%), Logroño (4,46%) y Arnedo (3,56%). Se trata de espacios de topografía moderada y accidentada en los que se cultivan especies leñosas, por lo general de baja densidad arbórea, manejadas en el sistema de labranza mínima y labradas en el sentido de la pendiente máxima. Por su parte, el mayor porcentaje de superficies que registran los menores valores de pérdida de suelos se corresponde con las zonas de Aldeanueva de Ebro (86,72%), Alfaro (86,06%), Santo Domingo de la Calzada (85,26%), Agoncillo (83,19%) y Casalarreina (73,38%); es decir, espacios de topografía suave o moderadamente accidentada en los que se cultivan, principalmente, especies herbáceas y frutales de alta densidad arbórea con cubierta vegetal.

Por tasas de pérdida de suelos, es en Aldeanueva de Ebro donde se obtiene la media global más baja de toda la región, de 0,882 Mg ha⁻¹ año⁻¹; mientras que Villar de Torre,

seguido de Moncalvillo, registran las medias globales más altas, de 4,832 y 4,748 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

En cuanto a especies cultivadas, los valores medios revelan que los espacios que albergan cebolla registran las menores tasas de pérdida de suelos a nivel regional, 0,106 Mg ha⁻¹ año⁻¹, seguidos de la zanahoria (0,192 Mg ha⁻¹ año⁻¹), remolacha azucarera (0,232 Mg ha⁻¹ año⁻¹), peral muy intensivo (0,244 Mg ha⁻¹ año⁻¹), nogal semi-intensivo con cubierta (0,301 Mg ha⁻¹ año⁻¹), melocotonero y nectarino intensivo y semi-intensivo con cubierta (0,384 y 0,455 Mg ha⁻¹ año⁻¹), col y repollo (0,476 Mg ha⁻¹ año⁻¹), peral intensivo (0,497 Mg ha⁻¹ año⁻¹), manzano muy intensivo (0,705 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo muy intensivo con cubierta (0,830 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro intensivo con cubierta (0,879 Mg ha⁻¹ año⁻¹), manzano intensivo (0,938 Mg ha⁻¹ año⁻¹), lechuga y escarola (0,963 Mg ha⁻¹ año⁻¹), pimienta (0,972 Mg ha⁻¹ año⁻¹), ciruelo intensivo en labranza (1,050 Mg ha⁻¹ año⁻¹), cerezo y guindo intensivo con cubierta (1,090 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo intensivo con cubierta (1,104 Mg ha⁻¹ año⁻¹), ciruelo intensivo con cubierta (1,113 Mg ha⁻¹ año⁻¹), coliflor y brócoli (1,126 Mg ha⁻¹ año⁻¹), girasol (1,391 Mg ha⁻¹ año⁻¹), peral semi-intensivo (1,406 Mg ha⁻¹ año⁻¹), cereal (1,499 Mg ha⁻¹ año⁻¹), guisante (1,599 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo muy intensivo en labranza (1,645 Mg ha⁻¹ año⁻¹), pimienta (1,737 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y ciruelo semi-intensivo con cubierta (1,922 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

En cambio, los valores promedio característicos del intervalo de valores tolerables se obtienen en suelos dedicados a nogal intensivo con cubierta (2,115 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro extensivo con cubierta (2,310 Mg ha⁻¹ año⁻¹), alcachofa (2,339 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro semi-intensivo con cubierta (2,439 Mg ha⁻¹ año⁻¹), judía verde (2,442 Mg ha⁻¹ año⁻¹), forrajeras (2,550 Mg ha⁻¹ año⁻¹), patata (2,602 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo extensivo en labranza (2,790 Mg ha⁻¹ año⁻¹), haba (3,313 Mg ha⁻¹ año⁻¹), cerezo y guindo semi-intensivo con cubierta (3,315 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo extensivo con cubierta (3,352 Mg ha⁻¹ año⁻¹), cerezo y guindo muy intensivo con cubierta (3,372 Mg ha⁻¹ año⁻¹), nogal extensivo con cubierta (3,500 Mg ha⁻¹ año⁻¹), viñedo (3,679 Mg ha⁻¹ año⁻¹), olivo intensivo en labranza (3,914 Mg ha⁻¹ año⁻¹), colza (4,861 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro semi-intensivo en labranza (4,890 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro extensivo en labranza (5,606 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro intensivo en labranza (5,684 Mg ha⁻¹ año⁻¹), nogal extensivo en labranza (5,701 Mg ha⁻¹ año⁻¹), nogal semi-intensivo en labranza (5,720 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y melocotonero y nectarino intensivo en labranza (6,988 Mg ha⁻¹ año⁻¹), almendro muy intensivo en labranza (7,379 Mg ha⁻¹ año⁻¹), nogal intensivo en labranza

(7,729 Mg ha⁻¹ año⁻¹), manzano semi-intensivo (7,882 Mg ha⁻¹ año⁻¹), melocotonero y nectarino semi-intensivo en labranza (9,511 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Por otra parte, las tasas de erosión más bajas a escala regional se han detectado en parcelas de remolacha azucarera de la zona de Nájera (0,0008 Mg ha⁻¹ año⁻¹), mientras que los valores más elevados se han obtenido en parcelas de almendro extensivo de la zona de Arnedo (50,573 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

7.1. Zona 1. Estación de Agoncillo

La Zona 1, situada en el tramo medio del curso riojano del Ebro, presenta un relieve detrítico de formas tabulares de suave y moderada pendiente, con suelos de textura media, contenido en materia orgánica entre 0,79-6,70% y fracción gruesa superficial entre 4,66-51,90%.

Respecto a los principales usos del suelo, el 45,62% se dedica al cultivo de cereal, mientras que la vid ocupa un 31,26%, características que, asociadas a las variables topográficas y edáficas, han determinado la obtención de una tasa de pérdida de suelos media de 1,270 Mg ha⁻¹ año⁻¹. El valor mínimo (0,005 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se ha obtenido en fincas de cereal instaladas sobre suelos de fondo plano localizados en la margen derecha de las primeras terrazas del Ebro. El valor máximo (16,085 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se calcula en parcelas de almendro en régimen semi-intensivo y laboreo mínimo cultivadas en laderas de gran pendiente (>20%).

Un análisis más detallado de los resultados en función de los rangos erosivos anteriormente citados (Mapa 7.1) revela que el 83,19% del espacio cultivado registra pérdidas de suelo bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y el 16,56% presenta pérdidas de suelo tolerables (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Corresponden estos últimos a los cultivos en los taludes entre terrazas y glacis de pendiente moderada. En cambio, una mínima parte del espacio cultivado, el 0,25%, supera el umbral máximo de pérdida de suelo (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), tratándose de parcelas de especies leñosas (vid, almendro y olivo) cultivadas en laderas de pendiente acusada y muy acusada.

Por lo que al cereal se refiere, es el primer cultivo en extensión superficial. Prácticamente toda su superficie, fundamentalmente cebada y trigo, se localiza en relieves suavemente accidentados y laderas moderadamente inclinadas. Por tanto, la topografía sobre la que se instalan es bastante homogénea; no así los suelos, que

presentan una gran diversidad. Por ello, las tasas de pérdida de suelos oscilan entre 0,005 y 9,478 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estableciéndose el valor medio en 0,877 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Los valores más bajos se identifican con espacios de topografía llana o levemente inclinada propios de plataformas de glaciares y terrazas bajas. Los valores ligeros y bajos (0,5-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se obtienen en relieves poco o moderadamente inclinados con independencia al porcentaje en elementos gruesos o las prácticas de labranza. El intervalo que representa una alta susceptibilidad a la pérdida de suelos (8-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) apenas representa el 0,02% de la superficie (0,58 hectáreas), situándose en laderas de elevada pendiente (>20%) y suelos poco o medianamente pedregosos (10-40%) labrados, en general, en el sentido de la pendiente.

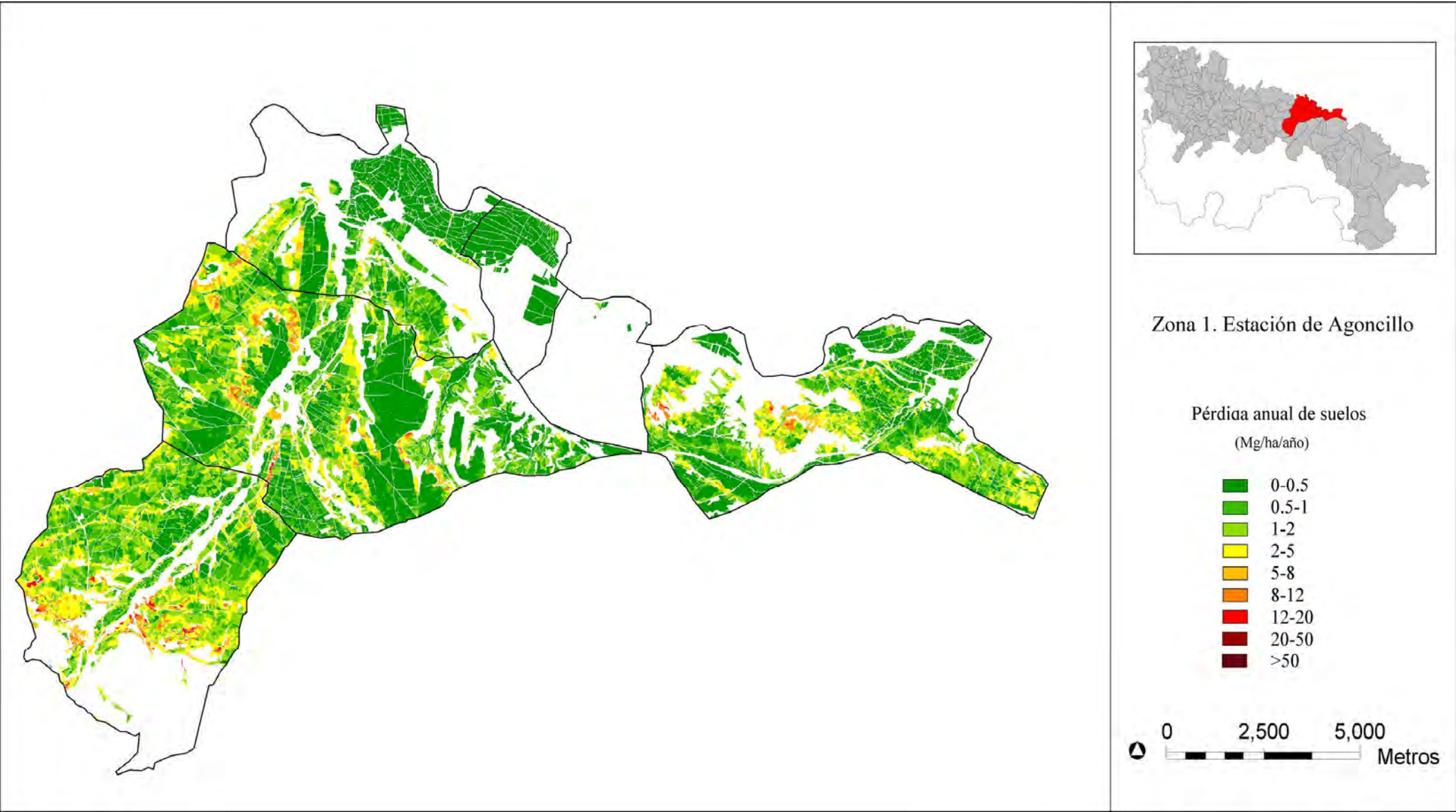
Las superficies de viñedo se caracterizan por ubicarse, preferentemente, sobre laderas de baja y moderada pendiente, si bien casi un 4% de las fincas se cultivan en las pronunciadas vertientes (>15%) del Monte Laturce, en el término de Ribafrecha. Las tasas de pérdida de suelos se han calculado en mínimas de 0,014 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y máximas de 14,585 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estimándose el valor medio en 1,754 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Predominan los espacios con tasas bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹), que representan al 74,87% del total superficial. Los valores más pequeños (0-0,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹) ocupan el 17,78% de las explotaciones, en parcelas de baja pendiente. El 57% de las superficies, ubicadas en laderas de baja y moderada pendiente con suelos poco pedregosos (10-20%), presentan tasas ligeras y bajas (0,5-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). El umbral de valores considerado límite para una agricultura sostenible (8-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se identifica con el 1,13% del espacio dedicado a vid, cultivado en abruptos taludes (>15%) con indiferencia de ser labrados o no en contorno. Por otra parte, el 0,14 % de la superficie que registra valores superiores al umbral de pérdida de suelos tolerable (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) es labrada en el sentido de la pendiente máxima.

Tabla 7.2. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 1

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,125 | 1,584 | 0,349 |
| Cereal | - | - | 0,005 | 9,478 | 0,877 |
| Coliflor y brócoli | - | - | 0,019 | 11,609 | 1,866 |
| Forrajeras | - | - | 0,015 | 8,335 | 1,358 |
| Patata | - | - | 0,046 | 5,321 | 1,567 |
| Pimiento | - | - | 0,016 | 8,003 | 1,115 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,104 | 0,619 | 0,368 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,443 | 16,080 | 2,849 |
| | | Semi-intensivo | 0,012 | 16,619 | 3,181 |
| | | Intensivo | 0,020 | 15,264 | 5,514 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,227 | 2,779 | 0,877 |
| Nogal | Mínimo | Intensivo | 1,467 | 15,863 | 5,773 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,214 | 11,866 | 2,312 |
| | | Intensivo | 0,016 | 13,370 | 1,994 |
| | | Muy intensivo | 0,117 | 12,888 | 2,395 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,519 | 1,867 | 1,293 |
| | | Intensivo | 0,278 | 9,385 | 0,934 |
| | | Muy intensivo | 0,134 | 0,733 | 0,272 |
| Vid | Mínimo | - | 0,014 | 14,585 | 1,754 |

Tabla 7.3. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 1

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 |
| Alcachofa | - | - | 82,82 | 14,50 | 2,68 | - | - | - | - |
| Cereal | - | - | 47,37 | 24,28 | 19,11 | 8,94 | 0,29 | 0,02 | - |
| Coliflor y brócoli | - | - | 35,19 | 17,55 | 20,79 | 13,73 | 9,97 | 2,76 | - |
| Forrajeras | - | - | 45,59 | 18,00 | 19,03 | 11,29 | 6,04 | 0,06 | - |
| Patata | - | - | 11,86 | 21,50 | 47,23 | 16,68 | 2,74 | - | - |
| Pimiento | - | - | 17,05 | 46,05 | 27,98 | 8,60 | 0,25 | 0,06 | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 87,81 | 12,18 | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 10,85 | 24,20 | 15,12 | 25,44 | 20,64 | 2,67 | 1,07 |
| | | Semi-intensivo | 22,45 | 17,35 | 13,94 | 20,47 | 17,42 | 7,38 | 0,99 |
| | | Intensivo | 5,83 | 8,07 | 11,84 | 31,20 | 14,24 | 20,73 | 8,08 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 45,13 | 17,40 | 33,33 | 4,13 | - | - | - |
| Nogal | Mínimo | Intensivo | - | - | 41,12 | 7,48 | 14,95 | 32,71 | 3,74 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 3,33 | 18,88 | 39,11 | 27,81 | 9,85 | 1,02 | - |
| | | Intensivo | 28,10 | 24,72 | 16,66 | 22,47 | 3,88 | 3,33 | 0,82 |
| | | Muy intensivo | 37,48 | 16,59 | 7,43 | 22,55 | 14,00 | 1,75 | 0,19 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | - | 32,21 | 67,79 | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 58,61 | 31,85 | 3,40 | 4,27 | 0,88 | 0,98 | - |
| | | Muy intensivo | 87,14 | 12,86 | - | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 17,78 | 24,64 | 32,45 | 20,59 | 3,24 | 1,13 | 0,14 |



Mapa 7.1. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 1.

7.2. Zona 2. Estación de Aldeanueva de Ebro

La Zona 2 se caracteriza por la gran diversidad de su mosaico agrario y una topografía de formas suaves y de escasa pendiente, sobre la que afloran suelos de textura fina y media, con un contenido en materia orgánica entre 0,79-4,31% y una fracción gruesa superficial entre 2,50-50,43%. Entre los cultivos, dominan por este orden la vid, el olivo y el cereal. La tasa de producción de sedimentos se ha calculado entre 0,002 y 27,084 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un valor medio en 0,882 Mg ha⁻¹ año⁻¹, que a su vez es la media global más baja de toda la región.

Conforme a la clasificación por intervalos de tolerancia a la pérdida de suelos propuesta por Renard *et al* (1996), el 86,72 % de la superficie agrícola, identificada con la llanura aluvial y primeras terrazas del Ebro, presenta valores de erosión bajos (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Por su parte, las tasas de pérdida de suelos tolerable (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), se han obtenido en el sector de glacis bajos y medios situados entre Tudelilla y El Villar de Arnedo, así como al sur de Aldeanueva de Ebro. El 0,23% del espacio restante, que registra valores superiores al máximo permitido (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), se localiza al suroeste de Tudelilla, sobre glacis altos de moderada pendiente (Mapa 7.2).

La vid, con una superficie de 3.852 hectáreas (43,04%), es el cultivo principal de esta zona. Se ubica, preferentemente, sobre niveles de terrazas medias y altas (El Villar de Arnedo, Pradejón y Calahorra) y glacis medios (Aldeanueva de Ebro, Rincón de Soto y Tudelilla). Estas estructuras sedimentarias tabulares se caracterizan por su baja y moderada pendiente, si bien algunos taludes instalados en sus flancos cuentan con una pendiente superior al 15%. En lo referente a los suelos del viñedo, abundan las texturas finas y medias, con un bajo contenido en materia orgánica (0,79-4,31%) y una fracción gruesa muy variable (0-60%). Las tasas de pérdida de suelos presentan mínimas de 0,012 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y máximas de 27,084 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estimándose el valor medio en 1,682 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Los valores más bajos (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se corresponden con las áreas de pendiente inferior al 10%. En cambio, el 33,17% del viñedo puede experimentar pérdidas de suelo moderadas y altas (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Por último, las parcelas que registran valores de pérdida de suelos superiores al umbral de tolerancia (12-50 Mg ha⁻¹ año⁻¹), suponen un ínfimo 0,45%, localizándose en taludes de elevada pendiente (15-20%) y pedregosidad inferior al 20%.

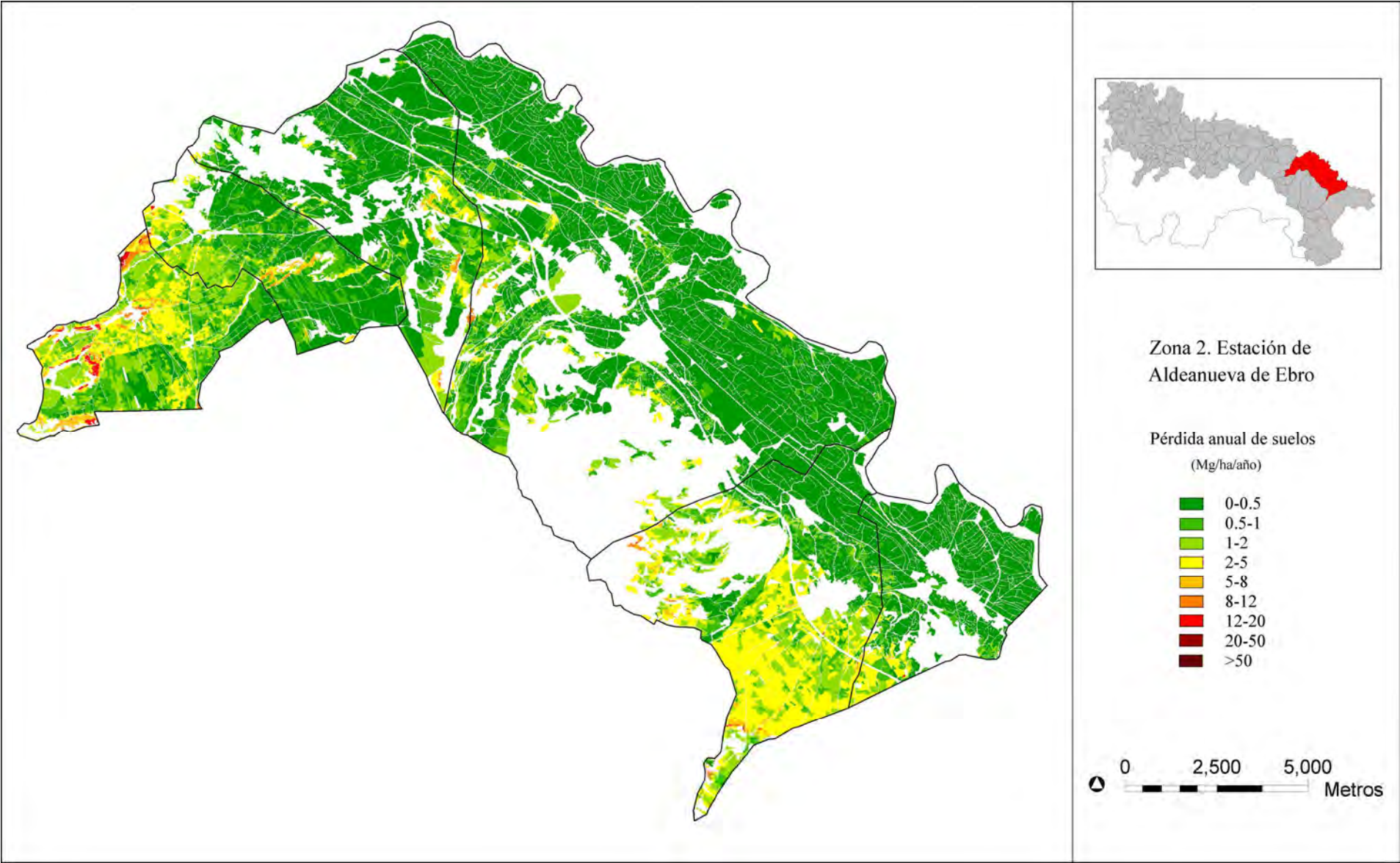
Las 988 hectáreas de olivar (11,04% del espacio agrícola de este sector), todas ellas manejadas en labranza mínima, se concentran en suelos de glacis de baja y moderada pendiente y en pronunciados escarpes terciarios del sector meridional de esta zona. Los campos extensivos han arrojado tasas de pérdida de suelos entre 0,017-6,619 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un valor medio de 0,691 Mg ha⁻¹ año⁻¹. La mayoría están cultivados en topografías de pendiente inferior a 10% y experimentan pérdidas bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). En general, las fincas intensivas cultivadas en los glacis bajos entre Calahorra y Aldeanueva de Ebro han dado lugar a tasas entre 0,017-10,362 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un valor medio de 1,200 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Las explotaciones en régimen muy intensivo suelen situarse en laderas suaves y de moderada pendiente, por lo que sus tasas de erosión no son más elevadas que las anteriores, arrojando una cifra media incluso inferior a las intensivas (0,919 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Tabla 7.4. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 2

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,007 | 9,130 | 0,515 |
| Cebolla | - | - | 0,122 | 0,276 | 0,131 |
| Cereal | - | - | 0,002 | 9,628 | 0,357 |
| Col y repollo | - | - | 0,445 | 3,029 | 1,504 |
| Coliflor y brócoli | - | - | 0,012 | 9,659 | 0,644 |
| Forrajeras | - | - | 0,107 | 3,791 | 0,761 |
| Lechuga y escarola | - | - | 0,123 | 2,130 | 0,945 |
| Patata | - | - | 0,237 | 3,539 | 0,972 |
| Pimiento | - | - | 0,009 | 3,356 | 0,514 |
| Tomate | - | - | 0,218 | 1,702 | 1,271 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,005 | 1,373 | 0,368 |
| | | Semi-intensivo | 0,071 | 1,987 | 0,394 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,232 | 23,377 | 2,464 |
| | | Semi-intensivo | 0,021 | 19,553 | 2,809 |
| | | Intensivo | 0,026 | 9,114 | 1,716 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,083 | 2,516 | 0,399 |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,137 | 1,108 | 0,480 |
| | | Intensivo | 0,013 | 1,423 | 0,347 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,090 | 1,526 | 0,367 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,540 | 1,056 | 0,265 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,929 | 2,244 | 1,611 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,017 | 6,619 | 0,691 |
| | | Intensivo | 0,017 | 10,362 | 1,200 |
| | | Muy intensivo | 0,154 | 6,206 | 0,919 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,016 | 0,316 | 0,125 |
| | | Intensivo | 0,010 | 1,338 | 0,243 |
| | | Muy intensivo | 0,002 | 1,907 | 0,220 |
| Vid | Mínimo | - | 0,012 | 27,084 | 1,682 |

Tabla 7.5. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 2

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Alcachofa | - | - | 73,04 | 20,34 | 4,43 | 1,76 | 0,13 | 0,31 | - | - |
| Cebolla | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| Cereal | - | - | 82,35 | 10,68 | 5,28 | 1,33 | 0,36 | 0,01 | - | - |
| Col y repollo | - | - | 3,72 | 55,41 | 7,43 | 33,45 | - | - | - | - |
| Coliflor y brócoli | - | - | 54,59 | 35,15 | 6,82 | 3,27 | 0,01 | 0,16 | - | - |
| Forrajeras | - | - | 39,81 | 32,60 | 25,87 | 1,72 | - | - | - | - |
| Lechuga y escarola | - | - | 18,84 2 | 1,78 | 79,23 | 0,15 | - | - | - | - |
| Patata | - | - | 75,17 | 8,32 | 2,05 | 14,46 | - | - | - | - |
| Pimiento | - | - | 72,54 | 16,14 | 5,11 | 6,21 | - | - | - | - |
| Tomate | - | - | 9,82 | 7,84 | 82,33 | - | - | - | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 78,40 | 20,12 | 1,48 | - | - | - | - | - |
| | | Semi-intensivo | 80,61 | 11,79 | 7,60 | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 4,29 | 27,40 | 38,57 | 23,23 | 2,18 | 0,66 | 2,61 | 1,06 |
| | | Semi-intensivo | 9,96 | 20,02 | 27,88 | 25,27 | 11,37 | 3,84 | 1,65 | - |
| | | Intensivo | 37,15 | 13,61 | 19,15 | 23,63 | 3,00 | 3,46 | - | - |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 76,10 | 17,69 | 6,10 | 0,10 | - | - | - | - |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 70,93 | 27,78 | 1,30 | - | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 87,28 | - | 12,72 | - | - | - | - | - |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 59,27 | 37,64 | 3,09 | - | - | - | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 98,79 | 0,87 | 0,33 | - | - | - | - | - |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | - | 47,30 | - | 52,70 | - | - | - | - |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 57,57 | 20,93 | 18,04 | 3,35 | 0,11 | - | - | - |
| | | Intensivo | 41,48 | 14,40 | 25,41 | 17,07 | 1,28 | 0,32 | 0,03 | - |
| | | Muy intensivo | 43,63 | 24,02 | 26,13 | 5,35 | 0,72 | 0,14 | - | - |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 89,31 | 8,06 | 2,63 | - | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 96,51 | 3,00 | 0,48 | - | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 22,29 | 18,73 | 25,36 | 30,92 | 1,53 | 0,72 | 0,44 | 0,01 |



Mapa 7.2. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 2

7.3. Zona 3. Estación de Alfaro

La Zona 3 se caracteriza por la preeminencia de estructuras de topografía suave y pendientes moderadas, con un paisaje agrario dominado por la vid (47,93%), el cereal (14,64%) y el peral con muy alta densidad arbórea (11,82%). La tasa media de pérdida de suelos anual se ha estimado en $0,927 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con $0,002 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de mínima y $48,243 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de máxima. No obstante, tan solo el 0,48% de la superficie de la Zona 3 (Mapa 7.3), localizada sobre los glacis medios del sector de Las Planas (oeste), registra pérdidas de suelo superiores al límite aceptable ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). El 86,06% presenta valores bajos ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y el 13,46% valores medios ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

El viñedo de esta zona se localiza en vertientes de baja y moderada pendiente, en las que abundan suelos de textura fina y media con un contenido medio-bajo en materia orgánica y pedregosidad superficial muy variable (0-60%). La homogeneidad topográfica observada, en contraste con la heterogeneidad edáfica y cultural, han determinado la obtención de tasas de erosión de gran amplitud, entre $0,007$ y $42,575 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que es, a su vez, la máxima en viñedo a nivel regional. En general, la tasa media es baja ($1,685 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Los valores moderados ($2\text{-}8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), detectados en el 24,21% del espacio del viñedo, son característicos de fincas instaladas en glacis de pendiente moderada y suelos con pedregosidad de 0-40%. Los valores altos se identifican con los suelos más pobres en materiales gruesos de esta zona de glacis; mayoritariamente labrados en la dirección de la pendiente máxima.

El espacio ocupado por el cereal, el segundo de mayor extensión por detrás del viñedo, tiende a concentrarse en superficies de suave y moderada pendiente, características de la amplia llanura de inundación del río Ebro y del sector de glacis bajos del sur. La tasa de pérdida de suelos en cereal presenta una considerable amplitud, entre $0,002$ y $18,522 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (valor medio de $0,478 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Casi toda la superficie de cereal registra valores bajos de pérdida de suelos. Sólo hay un sector de cereal con pérdidas superiores al límite tolerable que coincide con parcelas cultivadas en el pronunciado escarpe (15-30%) del nivel de glacis del noroeste, donde los suelos son labrados sin adoptar criterio de conservación alguno.

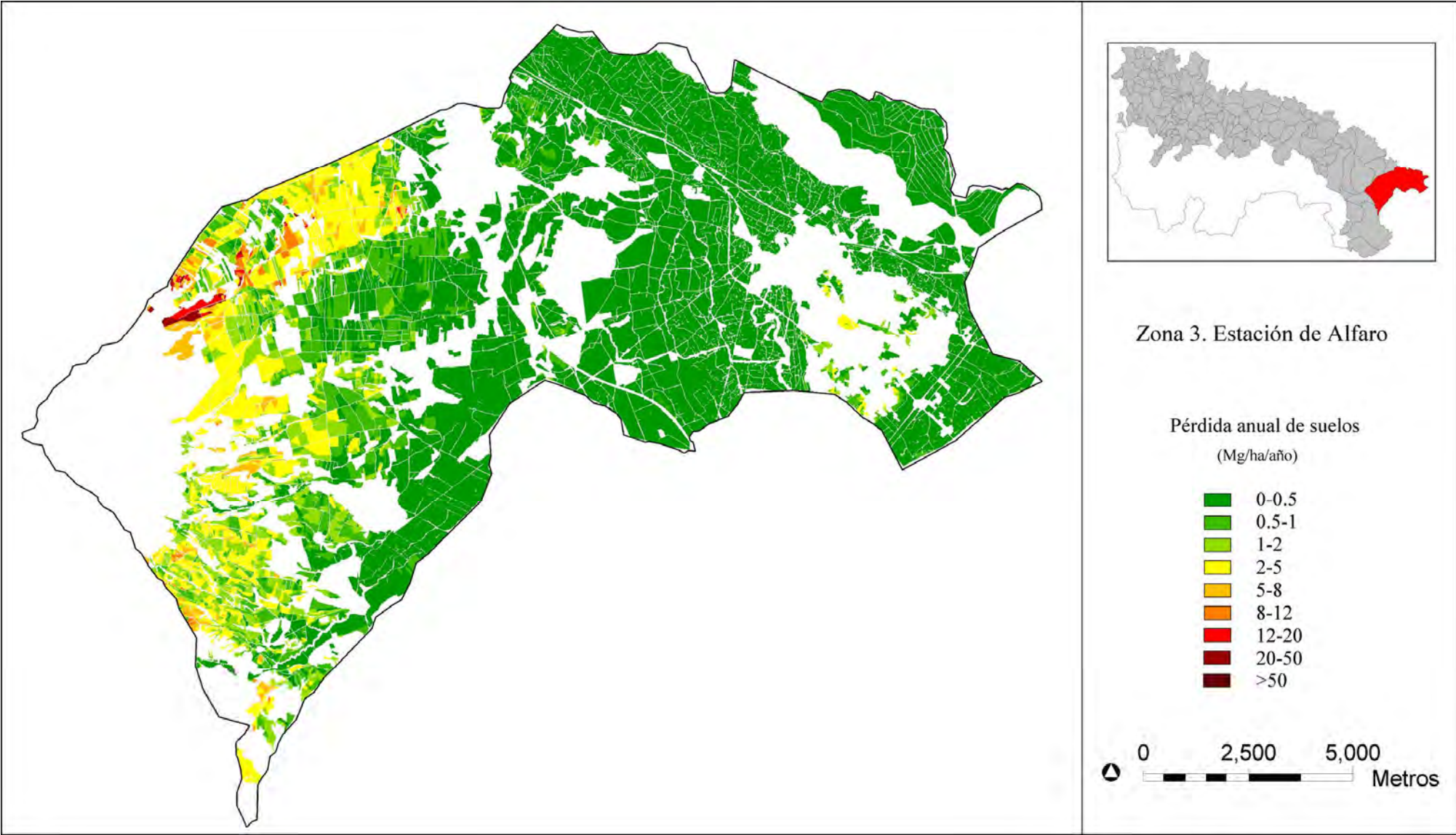
Por su parte, el peral, tercer cultivo en extensión de esta zona, se localiza sobre suelos de la llanura aluvial y en las primeras terrazas del Ebro, por lo que presenta pérdidas de suelo bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Tabla 7.6. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 3

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,004 | 0,562 | 0,085 |
| Cebolla | - | - | 0,041 | 4,632 | 1,429 |
| Cereal | - | - | 0,002 | 18,522 | 0,478 |
| Forrajeras | - | - | 0,034 | 0,283 | 0,122 |
| Patata | - | - | 0,119 | 0,363 | 0,156 |
| Almendro | Cubierta | Semi-intensivo | 0,287 | 2,560 | 1,288 |
| | | Extensivo | 0,114 | 4,630 | 1,378 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,004 | 48,243 | 2,825 |
| | | Intensivo | 0,036 | 10,579 | 1,465 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,086 | 0,197 | 0,131 |
| | | Muy intensivo | 0,004 | 0,733 | 0,089 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Semi-intensivo | 0,173 | 1,583 | 0,455 |
| | | Intensivo | 0,033 | 0,583 | 0,103 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 9,510 | 9,510 | 9,510 |
| | | Intensivo | 1,163 | 8,891 | 6,988 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,013 | 7,934 | 0,730 |
| | | Muy intensivo | 0,047 | 5,606 | 0,261 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,007 | 0,876 | 0,193 |
| Vid | Mínimo | - | 0,007 | 42,575 | 1,685 |

Tabla 7.7. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 3

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Alcachofa | - | - | 99,38 | 0,62 | - | - | - | - | - | - |
| Cebolla | - | - | 40,09 | - | 28,98 | 30,94 | - | - | - | - |
| Cereal | - | - | 79,64 | 6,96 | 7,70 | 5,14 | 0,45 | 0,07 | 0,03 | - |
| Forrajeras | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| Patata | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| Almendro | Cubierta | Semi-intensivo | 2,52 | 24,70 | 57,94 | 14,84 | - | - | - | - |
| | | Extensivo | 14,56 | 38,07 | 21,05 | 26,32 | - | - | - | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 16,92 | 17,43 | 18,33 | 28,87 | 15,58 | 1,57 | 0,82 | 0,49 |
| | | Intensivo | 37,93 | 23,20 | 14,02 | 22,36 | 1,87 | 0,62 | - | - |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 97,94 | 2,06 | - | - | - | - | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Semi-intensivo | 38,49 | 60,53 | 0,99 | - | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 99,75 | 0,49 | - | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | - | - | - | - | - | 100 | - | - |
| | | Intensivo | - | - | 7,61 | - | 82,20 | 10,19 | - | - |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 53,80 | 33,08 | 5,96 | 5,45 | 1,68 | 0,02 | - | - |
| | | Muy intensivo | 92,11 | 6,35 | 1,18 | 0,32 | 0,04 | - | - | - |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 93,50 | 6,49 | 0,02 | - | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 42,56 | 19,13 | 11,76 | 20,88 | 3,33 | 1,16 | 0,65 | 0,54 |



Mapa 7.3. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 3.

7.4. Zona 4. Estación de Arnedo

La Zona 4, que comprende la Depresión de Arnedo y el sector noroccidental de la Sierra de Los Agudos, se caracteriza por el elevado porcentaje de superficie dedicado a especies leñosas, principalmente almendro (46%), vid (29,13%) y olivo (14,71%). En lo referente a los aspectos físicos, el 52,80% del territorio se asienta sobre laderas de inclinación moderada, seguido del 33,62%, que lo hace sobre topografías menos accidentadas. La tasa de media de pérdida de suelos se ha calculado en $2,995 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, magnitud bastante inferior a la esperada teniendo en cuenta las pendientes y la abundancia de leñosos. La tasa mínima ($0,003 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se ha obtenido en explotaciones de cereal cultivadas en superficies horizontales ubicadas en la llanura aluvial del Cidacos, en el término de Autol. En cambio, la tasa máxima ($50,573 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), la más elevada de toda La Rioja, pertenece a una parcela de almendro de baja densidad en laboreo mínimo cultivada en laderas de pendiente muy abrupta (20-30 %). A nivel zonal los porcentajes de superficie afectada por diferentes grados de erosión se distribuyen de forma bastante homogénea (Mapa 7.4). El rango de valores más bajo ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), obtenido en el 56,75% del espacio agrario, se corresponde con los niveles de terrazas y glacis bajos que flanquean ambos márgenes del río Cidacos, así como el sector de glacis septentrional que marca el límite de la Depresión del Ebro con la Depresión de Arnedo. Por otra parte, los valores comprendidos en el umbral de pérdida de suelos tolerable ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), afectan al 39,69% del paisaje agrícola, especialmente en glacis medios y altos de moderada y acusada pendiente. En último lugar, el rango de valores que supera el límite máximo para una agricultura sostenible ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), se identifica con el 3,56% de la superficie restante, es decir, suelos de glacis de moderada y elevada pendiente aunque pobres en materia orgánica y en materiales gruesos.

Las grandes superficies de almendro tienen una localización espacial muy concreta ya que se concentran, exclusivamente, en los glacis de nivel II y III que descienden desde la cara septentrional de Peña Isasa y en los glacis de nivel II, III y IV de la vertiente nororiental de Sierra La Hez. Las fincas manejadas por el sistema de cubiertas, por lo general de crecimiento espontáneo, se emplazan, mayoritariamente, en los niveles de glacis más bajos de suave y moderada pendiente. Las de régimen extensivo han arrojado tasas de erosión medias de $2,309 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y las semi-intensivas de $3,275 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. De los datos parece desprenderse una relación entre la densidad arbórea y las

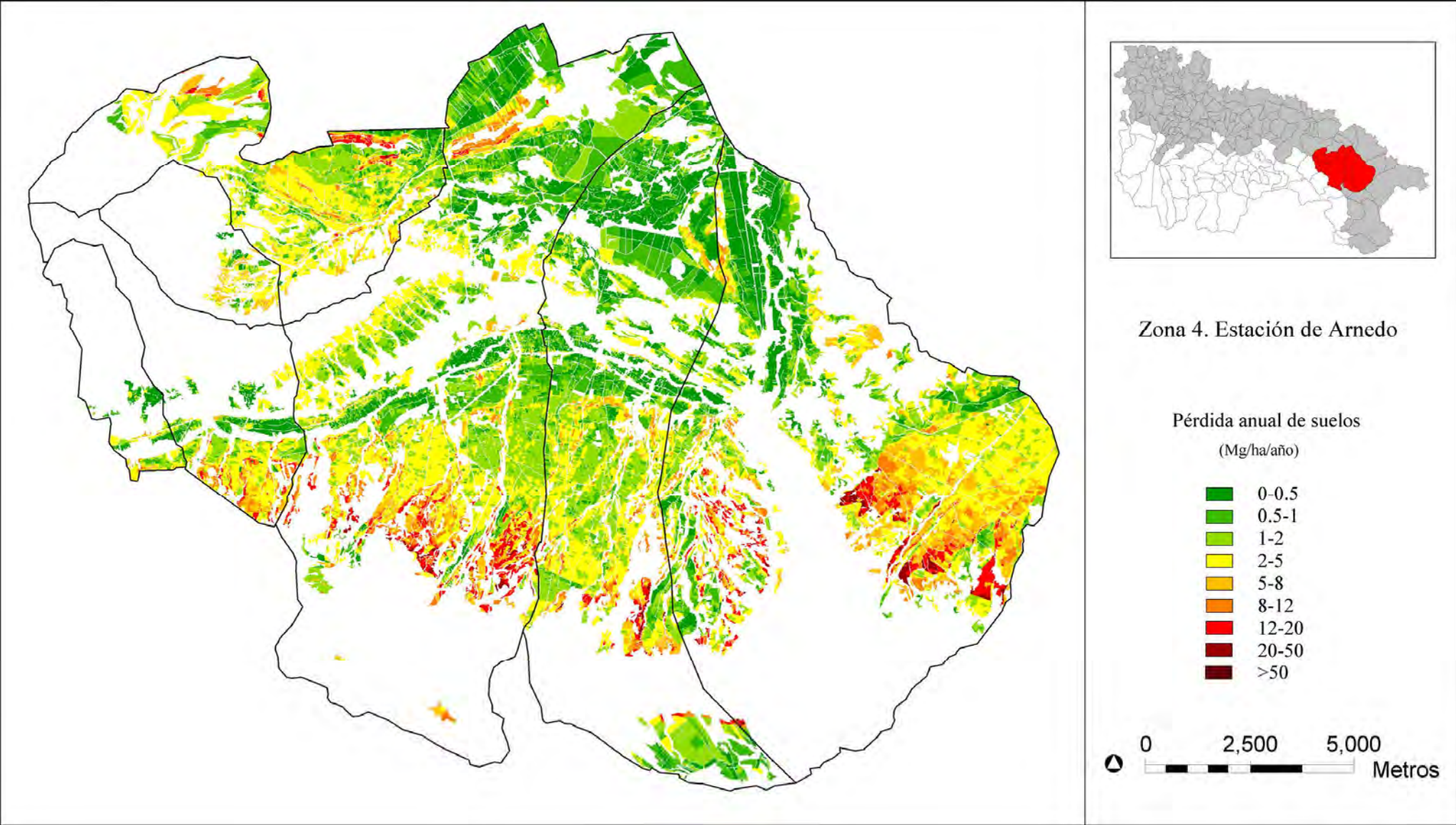
tasas de erosión. Las fincas de almendro de densidad arbórea baja registran pérdidas medias de $7,066 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que disminuyen a $3,655 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en las de densidad media. Con alta y muy alta densidad, las tasas de erosión vuelven a incrementarse hasta $4,428 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $7,481 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, probablemente en relación a las vertientes más accidentadas sobre las que se instalan, correspondientes a la red de barrancos que drenan los glacis del sur de Arnedo y Quel. El segundo cultivo en extensión es el viñedo. La práctica totalidad se localiza sobre laderas de baja y moderada pendiente, aunque también puede aparecer en los escarpes que ponen en contacto niveles de terrazas y glacis. Los suelos que afloran en estos espacios se caracterizan por su gran heterogeneidad en materia orgánica y pedregosidad. El 70% del espacio del viñedo es labrado en el sentido de la pendiente y solo un 20% en el sentido de las curvas de nivel. Con estos condicionantes, la tasa media de pérdida de suelos se sitúa en $3,354 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Tabla 7.8. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 4

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,039 | 4,354 | 0,766 |
| Cereal | - | - | 0,003 | 20,881 | 1,771 |
| Coliflor y brócoli | - | - | 0,009 | 10,032 | 1,054 |
| Forrajeras | - | - | 0,017 | 20,134 | 1,894 |
| Patata | - | - | 0,006 | 8,524 | 1,443 |
| Pimiento | - | - | 0,010 | 6,768 | 1,007 |
| Tomate | - | - | 0,016 | 8,199 | 1,248 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,175 | 17,762 | 2,309 |
| | | Semi-intensivo | 0,158 | 15,028 | 3,275 |
| | | Intensivo | 0,315 | 1,603 | 0,879 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,023 | 50,573 | 7,066 |
| | | Semi-intensivo | 0,013 | 39,193 | 3,655 |
| | | Intensivo | 0,590 | 28,186 | 4,428 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,030 | 9,498 | 1,212 |
| | | Intensivo | 0,226 | 6,760 | 1,492 |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,011 | 8,824 | 0,987 |
| | | Intensivo | 0,338 | 1,734 | 0,614 |
| Manzano | Cubierta | Semi-intensivo | 7,405 | 7,997 | 7,882 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,361 | 0,734 | 0,547 |
| Nogal | Cubierta | Semi-intensivo | 0,011 | 8,824 | 0,987 |
| | Mínimo | | 0,351 | 11,894 | 3,175 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,075 | 7,019 | 1,328 |
| | | Intensivo | 0,188 | 3,713 | 0,853 |
| | | Muy intensivo | 0,185 | 2,849 | 0,830 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,239 | 13,950 | 3,314 |
| | | Intensivo | 0,063 | 19,384 | 2,151 |
| | | Muy intensivo | 0,100 | 8,220 | 1,220 |
| Vid | Mínimo | - | 0,010 | 36,415 | 3,354 |

Tabla 7.9. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 4

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 | >50 |
| Alcachofa | - | - | 69,52 | 18,52 | 1,30 | 10,66 | - | - | - | - | - |
| Cereal | - | - | 82,35 | 10,67 | 5,27 | 1,33 | 0,35 | 0,007 | - | - | - |
| Coliflor | - | - | 47,66 | 23,65 | 18,92 | 7,41 | 1,71 | 0,66 | - | - | - |
| Forrajeras | - | - | 23,46 | 27,05 | 16,07 | 27,31 | 4,18 | 1,21 | 0,54 | 0,19 | - |
| Patata | - | - | 44,30 | 18,37 | 17,52 | 11,98 | 7,58 | 0,25 | - | - | - |
| Pimiento | - | - | 43,60 | 18,62 | 31,79 | 3,69 | 2,29 | - | - | - | - |
| Tomate | - | - | 52,42 | 16,87 | 16,31 | 9,36 | 4,58 | 0,45 | - | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 7,66 | 14,52 | 29,22 | 39,89 | 7,80 | 0,53 | 0,38 | - | - |
| | | Semi-intensivo | 25,10 | 1,68 | 19,11 | 27,48 | 22,93 | 3,66 | 0,04 | - | - |
| | | Intensivo | 57,69 | - | 42,31 | - | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 3,12 | 9,24 | 12,49 | 25,23 | 20,58 | 8,92 | 16,55 | 3,87 | 0,002 |
| | | Semi-intensivo | 4,90 | 10,60 | 24,71 | 41,03 | 9,22 | 5,70 | 3,12 | 0,72 | - |
| | | Intensivo | 3,43 | 13,36 | 23,79 | 35,59 | 7,82 | 7,33 | 7,07 | 1,62 | - |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 58,25 | 19,23 | 12,86 | 4,19 | 1,42 | 4,05 | - | - | - |
| | | Intensivo | 17,25 | 32,82 | 28,60 | 17,87 | 3,44 | - | 0,01 | - | - |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 38,19 | 40,63 | 10,32 | 8,30 | 2,15 | 0,41 | - | - | - |
| | | Intensivo | 19,23 | 76,15 | 4,42 | 0,19 | - | - | - | - | - |
| Manzano | Cubierta | Semi-intensivo | - | - | - | - | 100 | - | - | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 2,76 | 97,24 | - | - | - | - | - | - | - |
| Nogal | Cubierta | Semi-intensivo | 38,19 | 40,63 | 10,32 | 8,30 | 2,15 | 0,41 | - | - | - |
| | Mínimo | | 8,13 | 3,44 | 48,24 | 17,95 | 17,97 | 4,25 | 0,02 | - | - |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 31,70 | 11,59 | 43,54 | 11,54 | 1,63 | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 37,38 | 31,19 | 27,40 | 3,98 | 0,04 | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 32,11 | 40,45 | 19,92 | 7,52 | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 1,91 | 20,52 | 29,36 | 28,74 | 11,22 | 7,66 | 0,58 | - | - |
| | | Intensivo | 14,30 | 30,38 | 22,99 | 23,63 | 5,11 | 3,21 | 0,34 | 0,02 | - |
| | | Muy intensivo | 35,37 | 29,73 | 22,84 | 9,29 | 1,88 | 0,88 | 0,01 | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 14,26 | 15,93 | 22,24 | 28,11 | 9,42 | 5,56 | 3,51 | 0,97 | - |



Mapa 7.4. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 4.

7.5. Zona 5. Estación de Casalarreina

Esta zona está altamente especializada en el cultivo del cereal (73,7% de la superficie cultivada). La topografía es moderadamente inclinada o suavemente ondulada. La tasa media de pérdida de suelos oscila entre 0,001 y 22,893 Mg ha⁻¹ año⁻¹, calculándose el valor medio en 1,512 Mg ha⁻¹ año⁻¹. El 73,38% del espacio registra tasas de pérdida de suelos bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹), y sólo el 0,13% registra valores muy altos (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). El 26,5%, que presenta valores de erosión tolerables (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), se concentra fundamentalmente en el extremo norte, al pie de la Sierra de Obarenes, y flanqueando la intrincada red de afluentes del curso medio del río Tirón.

Las tasas de erosión en cereal presentan una notable amplitud, con mínimas de 0,001 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y máximas de 16,041 Mg ha⁻¹ año⁻¹. El espacio restante se engloba dentro del intervalo de pérdida de suelos tolerable (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

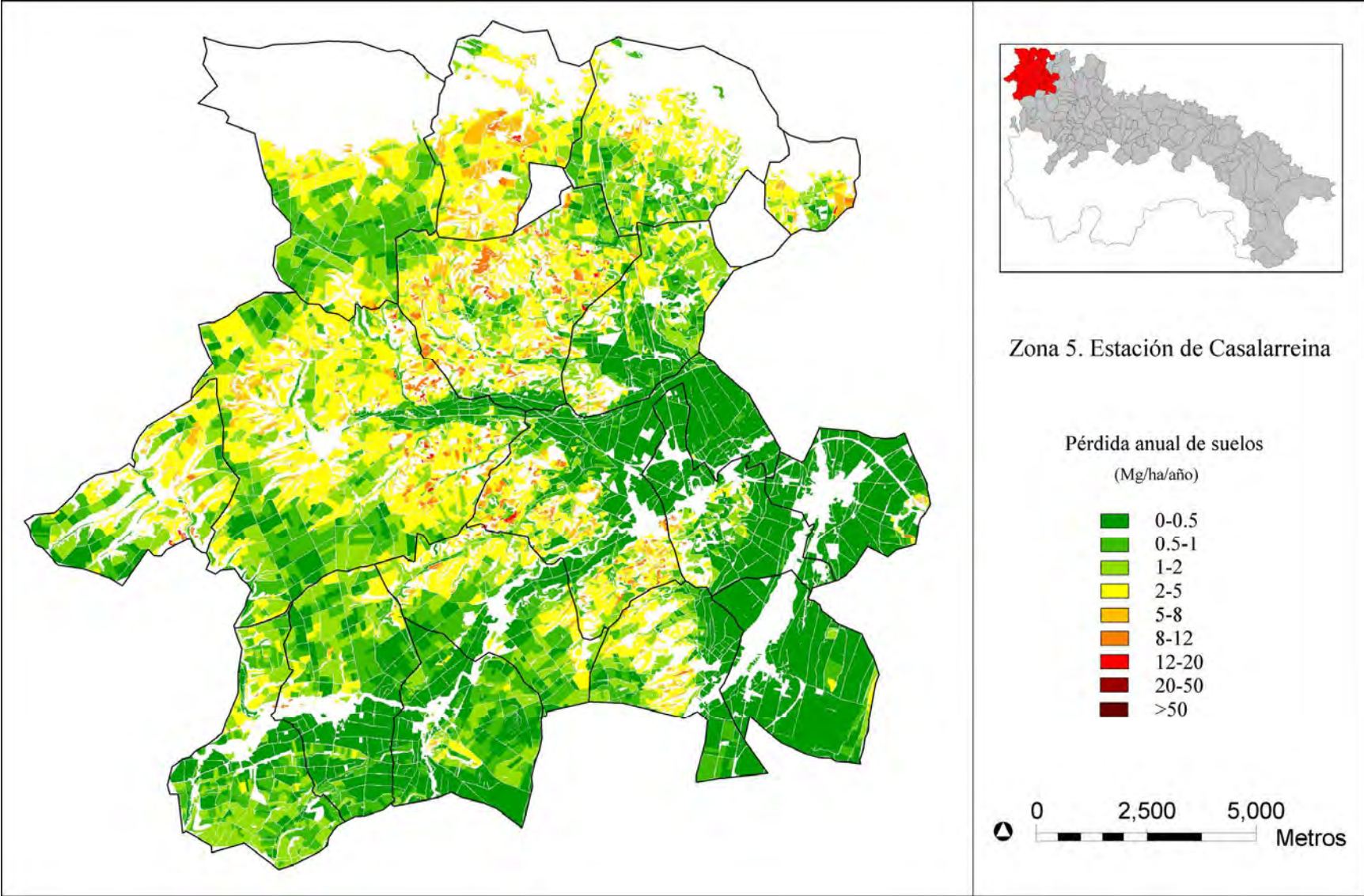
La vid, con una superficie de 2.802 hectáreas (17,52%), es el segundo cultivo más extenso de esta zona, concentrándose en los sectores central (Cuzcurrita de río Tirón, Tirgo y este de Treviana) y noreste (Foncea, Fonzaleche, Galbárruli y Sajazarra). La tasa media de pérdida de suelos se ha estimado en 2,959 Mg ha⁻¹ año⁻¹. La erosión más baja (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se registra en las viñas instaladas en la extensa terraza de nivel I del río Oja, entre Castañares de Rioja y Casalarreina. El 42,12% de la superficie, identificada con áreas de glacis bajos y escarpes de contacto entre glacis y terrazas, se ve afectada por pérdidas de suelo más elevadas (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Las parcelas que registran valores de pérdida de suelos superiores al umbral de tolerancia (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), apenas representan el 1% restante, y se localizan en taludes de elevada pendiente (>20%), labrados en perpendicular a las curvas de nivel.

Tabla 7.10. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 5

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Cereal | - | - | 0,001 | 16,041 | 1,400 |
| Colza | - | - | 4,362 | 4,508 | 4,448 |
| Forrajeras | - | - | 0,157 | 4,499 | 1,252 |
| Girasol | - | - | 0,119 | 7,423 | 1,672 |
| Guisante verde | - | - | 0,003 | 4,346 | 0,336 |
| Judía verde | - | - | 0,134 | 6,336 | 1,547 |
| Patata | - | - | 0,139 | 3,170 | 0,817 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,023 | 0,603 | 0,070 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,424 | 0,644 | 0,534 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,423 | 8,599 | 3,256 |
| | | Semi-intensivo | 2,568 | 11,170 | 3,986 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 5,566 | 8,291 | 6,199 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 0,170 | 3,877 | 1,163 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,693 | 2,713 | 1,349 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,103 | 1,688 | 0,272 |
| Vid | Mínimo | - | 0,005 | 22,894 | 2,959 |

Tabla 7.11. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 7

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 34,31 | 19,91 | 21,51 | 22,14 | 2,08 | 0,04 | - | - |
| Colza | - | - | - | - | - | 100 | - | - | - | - |
| Forrajeras | - | - | 18,81 | 44,12 | 16,46 | 20,61 | - | - | - | - |
| Girasol | - | - | 18,85 | 24,42 | 28,73 | 25,85 | 2,15 | - | - | - |
| Guisante verde | - | - | 91,04 | 5,14 | 1,93 | 1,89 | - | - | - | - |
| Judía verde | - | - | 40,5 | 19,43 | 9,53 | 21,72 | 9,26 | - | - | - |
| Patata | - | - | 50,00 | 41,22 | 2,70 | 6,08 | - | - | - | - |
| Remolacha azucarera | - | - | 99,92 | 0,08 | - | - | - | - | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 50,00 | 50,00 | - | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 5,10 | 5,10 | 35,03 | 38,85 | 3,82 | 12,10 | - | - |
| | | Semi-intensivo | - | - | - | 95,27 | 2,70 | 2,03 | - | - |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | - | - | - | - | 90,70 | 9,30 | - | - |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 44,41 | 13,20 | 13,92 | 28,45 | - | - | - | - |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | - | 51,13 | 26,57 | 22,31 | - | - | - | - |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 92,47 | 6,45 | 1,07 | - | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 32,58 | 10,75 | 13,04 | 24,39 | 9,85 | 8,38 | 1,01 | - |



Mapa 7.5. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 5.

7.6. Zona 6. Estación de Haro

En esta zona la pérdida de suelos alcanza valores entre 0,002 y 18,485 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estableciéndose el valor medio en 1,632 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Las tasas de erosión más sobresalientes se localizan en las abruptas laderas más inmediatas a la Sierra de Obarenes, sobre las que se cultiva, exclusivamente, la vid. Por el contrario, los valores más modestos son comunes a cereal, hortalizas leguminosas, zanahoria y patata cultivados sobre suelos muy pedregosos (30-40%) de fondo plano. En términos generales (Mapa 7.6), casi la tercera parte del mosaico agrícola, el 74%, registra pérdidas de suelo reducidas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹), seguido del 25,66% con valores tolerables (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y el 0,34% con valores superiores al límite deseable (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

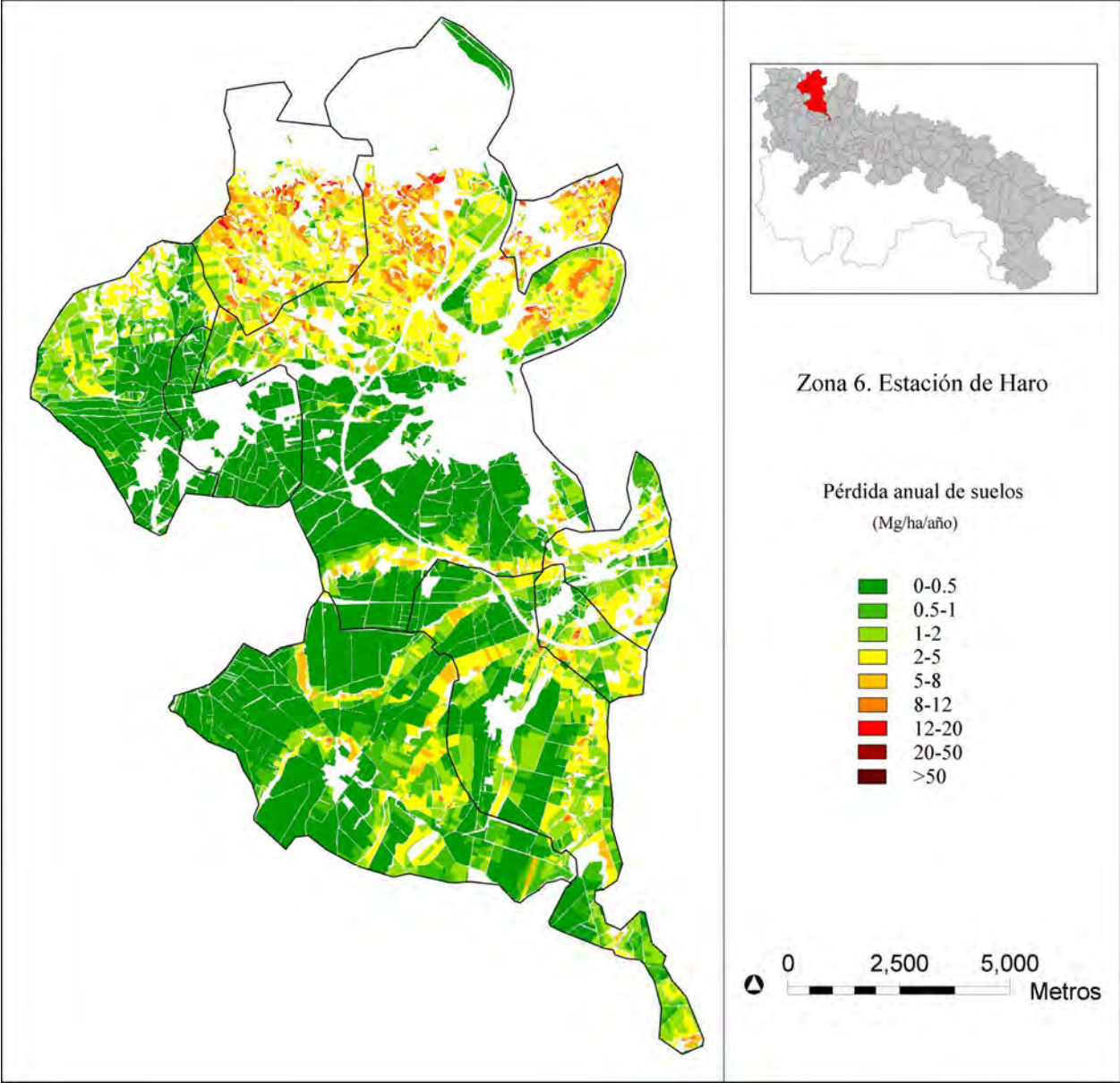
El viñedo, cuya presencia queda restringida al piedemonte meridional de la Sierra de Obarenes y taludes de contacto entre niveles de terraza, presenta una tasa media de erosión de 3,067 Mg ha⁻¹ año⁻¹, la más alta de los cultivos de esta zona. La distribución de los rangos erosivos en viñedo parece confirmar la relevancia de los factores edáfico y topográfico. De hecho, es en las explotaciones situadas al pie de la Sierra de Obarenes (5-20% de pendiente y suelos con 10-20% de fracción gruesa) donde se detectan las áreas más susceptibles a la erosión. Por el contrario, en las viñas instaladas sobre taludes y terrazas (1-10% de pendiente y pedregosidad de 10-40%), las tasas de erosión son menos destacables (<2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Únicamente el 1% del viñedo presenta valores superiores al umbral máximo (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) establecido por Renard *et al* (1996). Estas últimas parcelas reúnen todos los condicionantes ambientales y humanos desaconsejados para una práctica agrícola sostenible: laderas con pendiente superior a 20%, suelos de textura media pobres en elementos gruesos y labranza en el sentido de la pendiente máxima.

Tabla 7.12. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 6

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Cereal | - | - | 0,002 | 10,382 | 0,808 |
| Girasol | - | - | 0,467 | 6,161 | 2,304 |
| Guisante verde | - | - | 0,003 | 1,186 | 0,154 |
| Judía verde | - | - | 0,006 | 8,985 | 0,954 |
| Patata | - | - | 0,005 | 1,154 | 0,431 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,058 | 1,924 | 0,439 |
| Zanahoria | - | - | 0,010 | 0,345 | 0,192 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 1,132 | 7,866 | 2,418 |
| Vid | Mínimo | - | 0,005 | 18,485 | 3,067 |

Tabla 7.13. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 6

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 |
| Cereal | - | - | 60,23 | 15,27 | 13,81 | 9,82 | 0,85 | 0,02 | - |
| Girasol | - | - | 0,99 | 13,60 | 32,37 | 49,95 | 3,10 | - | - |
| Guisante verde | - | - | 93,18 | 2,65 | 4,17 | - | - | - | - |
| Judía verde | - | - | 47,25 | 26,21 | 15,98 | 9,93 | 0,54 | 0,10 | - |
| Patata | - | - | 62,30 | 25,40 | 12,30 | - | - | - | - |
| Remolacha azucarera | - | - | 63,98 | 29,92 | 6,10 | - | - | - | - |
| Zanahoria | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | - | - | 61,83 | 31,30 | 6,87 | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 20,96 | 9,42 | 16,66 | 33,78 | 10,99 | 7,20 | 0,99 |



Mapa 7.6. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 6.

7.7. Zona 7. Estación de Logroño

El paisaje agrario de este sector es uno de los más diversos a nivel regional. Viñedo, cultivo mayoritario con el 56,7% de la superficie, y olivo (4,23%) se localizan, fundamentalmente, en el extremo occidental y en laderas de terrazas cercanas a la desembocadura del río Iregua. En cambio, el cereal (24,67%), los frutales de pepita (3,21%), los frutales de hueso (1,33%) y las hortalizas (4,68%) se cultivan sobre la llanura aluvial y las primeras terrazas de los ríos Iregua y Ebro (a partir del término de Logroño). Los frutales de fruto seco (1,84%) aparecen en escarpes de glacis medios y altos.

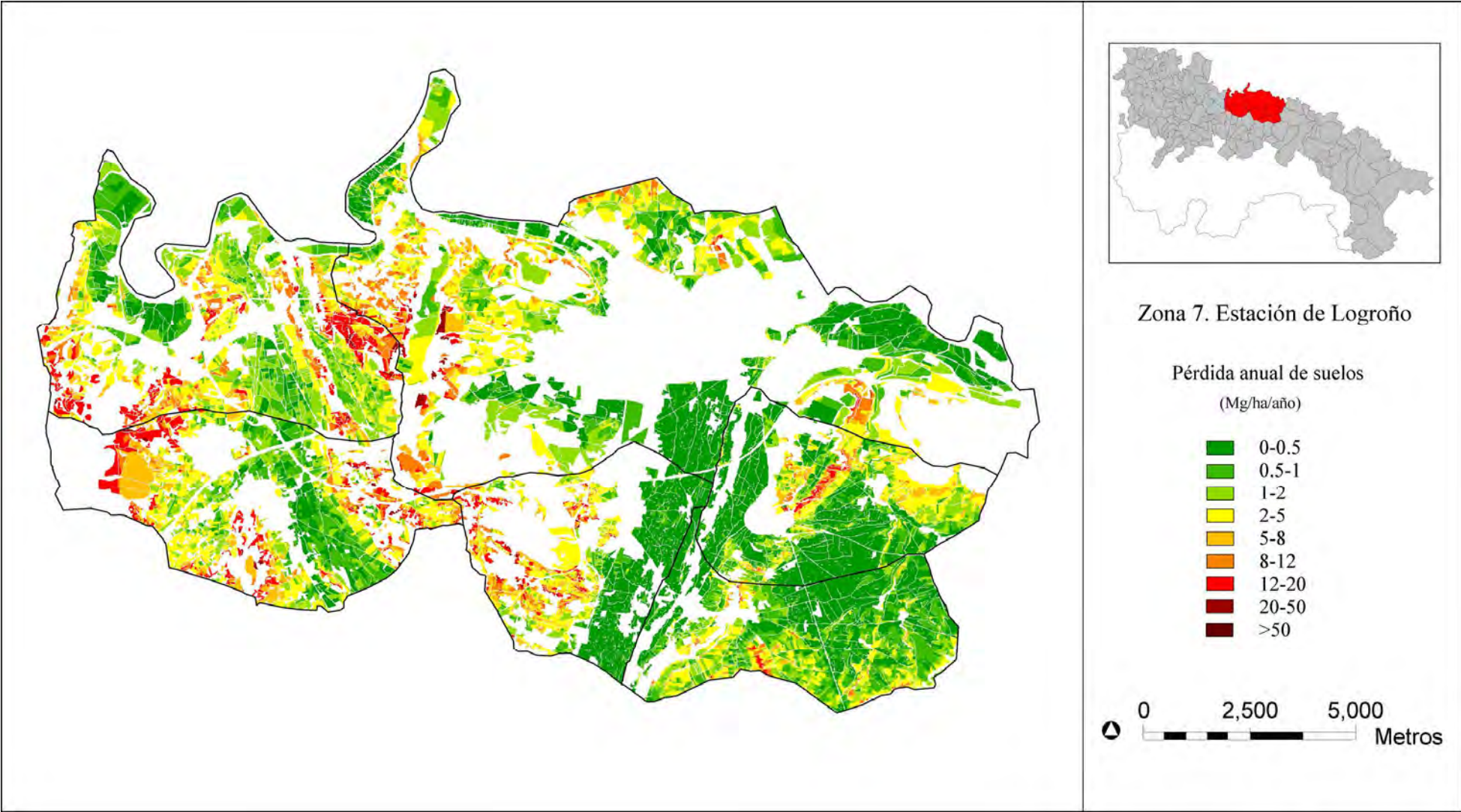
Con esta distribución, las tasas de erosión calculadas oscilan entre 0,003 y 31,225 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un promedio de 2,810 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Mapa 7.7). Como es lógico, las superficies ubicadas en terrenos aluviales, terrazas y glacis bajos registran ratios de erosión bajos (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Los espacios de vid, olivo y almendro cultivados sobre glacis y terrazas medias presentan valores moderados (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Sobren escarpadas laderas de glacis en las que se cultivan, exclusivamente, leñosos, la erosión presenta valores superiores al umbral de tolerancia (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Tabla 7.14. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 7

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Alcachofa | - | - | 0,008 | 7,020 | 0,633 |
| Cereal | - | - | 0,003 | 13,258 | 1,189 |
| Coliflor y brócoli | - | - | 0,012 | 15,002 | 1,607 |
| Forrajeras | - | - | 0,007 | 16,711 | 2,134 |
| Guisante verde | - | - | 0,079 | 1,086 | 0,424 |
| Haba | - | - | 1,290 | 6,722 | 3,243 |
| Judía verde | - | - | 0,014 | 1,782 | 0,325 |
| Lechuga y escarola | - | - | 0,009 | 5,003 | 0,717 |
| Patata | - | - | 0,017 | 5,963 | 1,146 |
| Pimiento | - | - | 0,012 | 3,765 | 0,572 |
| Tomate | - | - | 0,019 | 18,538 | 2,400 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 0,061 | 21,881 | 4,028 |
| | | Intensivo | 0,013 | 28,235 | 5,396 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,008 | 8,626 | 1,963 |
| Ciruelo | Cubierta | Intensivo | 0,008 | 0,934 | 0,200 |
| Manzano | Cubierta | Muy intensivo | 0,131 | 3,003 | 0,364 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,006 | 2,107 | 0,384 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 0,067 | 1,644 | 0,380 |
| | | Semi-intensivo | 0,296 | 0,595 | 0,301 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 1,390 | 11,730 | 4,614 |
| | | Intensivo | 0,018 | 0,454 | 0,377 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 1,340 | 15,913 | 8,110 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,877 | 13,717 | 6,480 |
| | | Intensivo | 0,031 | 24,381 | 5,593 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,189 | 12,753 | 2,286 |
| | | Intensivo | 0,243 | 4,099 | 1,637 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,006 | 7,573 | 0,688 |
| | | Intensivo | 0,006 | 7,573 | 0,688 |
| Vid | Mínimo | - | 0,012 | 25,746 | 3,937 |

Tabla 7.15. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 7

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Alcachofa | - | - | 67,84 | 14,99 | 10,29 | 6,47 | 0,41 | - | - | - |
| Cereal | - | - | 45,47 | 20,75 | 17,07 | 13,72 | 2,73 | 0,24 | 0,02 | - |
| Coliflor y brócoli | - | - | 49,28 | 18,87 | 13,27 | 10,87 | 3,62 | 2,23 | 1,86 | - |
| Forrajeras | - | - | 35,60 | 15,86 | 16,29 | 22,22 | 4,16 | 4,31 | 1,57 | - |
| Guisante verde | - | - | 54,85 | 45,06 | 0,09 | - | - | - | - | - |
| Haba | - | - | - | - | 19,80 | 57,65 | 22,55 | - | - | - |
| Judía verde | - | - | 82,42 | 16,82 | 0,76 | - | - | - | - | - |
| Lechuga y escarola | - | - | 49,31 | 34,44 | 11,95 | 4,12 | 0,17 | - | - | - |
| Patata | - | - | 25,75 | 42,04 | 22,37 | 8,49 | 1,35 | - | - | - |
| Pimiento | - | - | 64,50 | 17,83 | 13,85 | 3,82 | - | - | - | - |
| Tomate | - | - | 15,97 | 17,62 | 28,34 | 29,31 | 6,31 | 1,00 | 1,46 | - |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 58,03 | 2,49 | 4,50 | 7,66 | 8,46 | 8,40 | 9,84 | 0,62 |
| | | Intensivo | 7,80 | 17,73 | 20,88 | 26,38 | 5,30 | 6,90 | 7,86 | 7,15 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 44,86 | 3,66 | 2,54 | 37,19 | 9,86 | 1,89 | - | - |
| Ciruelo | Cubierta | Intensivo | 95,13 | 4,87 | - | - | - | - | - | - |
| Manzano | Cubierta | Muy intensivo | 86,95 | 8,38 | 3,97 | 0,71 | - | - | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 88,96 | 3,29 | 3,46 | 4,28 | - | - | - | - |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 71,89 | 24,14 | 3,96 | - | - | - | - | - |
| | | Semi-intensivo | 99,34 | 0,66 | - | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | - | - | 7,58 | 63,64 | 15,15 | 13,64 | - | - |
| | | Intensivo | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | - | - | 8,87 | 24,59 | 10,52 | 11,53 | 44,49 | - |
| | Mínimo | Extensivo | - | 0,56 | 9,48 | 44,13 | 7,04 | 36,53 | 2,25 | - |
| | | Intensivo | 16,24 | 14,98 | 7,42 | 19,44 | 16,52 | 10,48 | 12,51 | 2,39 |
| | | Muy intensivo | 4,00 | 5,88 | 57,54 | 26,97 | 0,66 | 2,71 | 2,04 | - |
| Peral | Cubierta | Intensivo | 51,55 | 3,53 | - | 44,92 | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 64,92 | 21,18 | 9,35 | 2,75 | 0,73 | 0,98 | 0,06 | - |
| Vid | Mínimo | - | 4,98 | 15,08 | 25,84 | 29,26 | 10,37 | 7,92 | 6,37 | 0,19 |



Mapa 7.7. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 7

7.8. Zona 8. Estación de Moncalvillo

La zona de Moncalvillo presenta la mayor parte de su superficie cultivada en vertientes de inclinación moderada y un 34,42% en laderas de baja pendiente. La tasa media de erosión es de $4,748 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. El valor mínimo ($0,005 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se ha obtenido en fincas de cereal y peral en régimen de muy alta densidad arbórea instaladas sobre superficies llanas. La tasa más elevada ($39,046 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se identifica con parcelas de viñedo instaladas en los pronunciados escarpes (30-50%) que ponen en contacto diferentes niveles de glaciares. Casi el 57% del paisaje agrícola (Mapa 7.8), concentrado en el piedemonte de la Sierra de Moncalvillo entre Santa Coloma y Sojuela, y el Monte Laturce entre Albelda y Clavijo, presenta ratios de pérdida de suelos moderados ($2-12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Los valores más bajos ($0,001-2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (35,61% de la superficie agrícola) son característicos del aluvial y primeras terrazas del río Iregua, así como el sector de glaciares bajos del centro de Viguera.

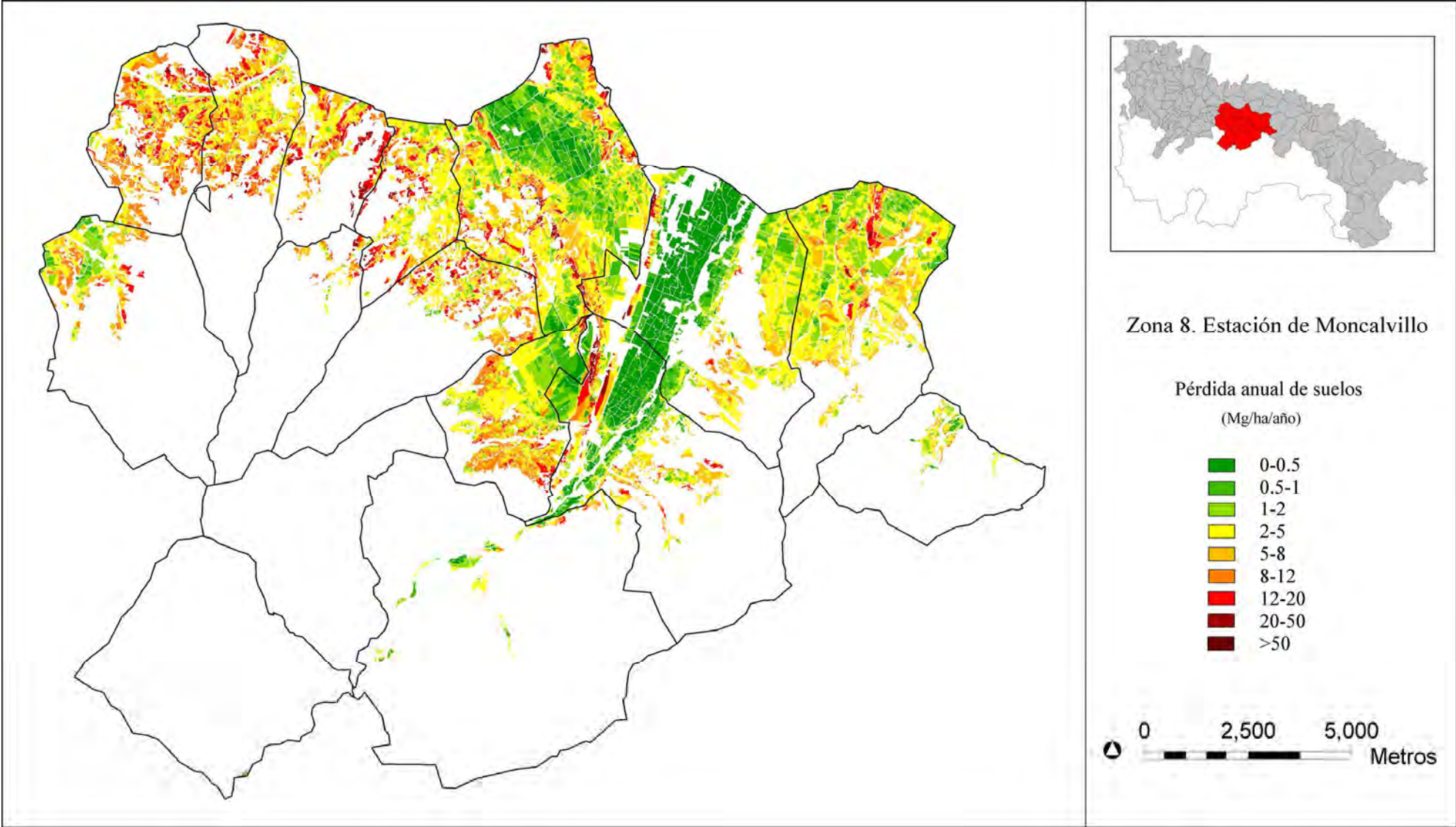
Las tasas medias más altas se han alcanzado en almendros, nogales y olivos. Todos ellos parecen responder a la pendiente sobre la que se instalan. Buena parte de los almendros se ubica en taludes abruptos, el nogal, por su parte, se encuentra confinado a las áreas marginales del piedemonte de la sierra de Moncalvillo, mientras que el olivo, cultivado fundamentalmente en el sector oriental, se localiza en laderas de pendiente abrupta y muy abrupta.

Tabla 7.16. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 8

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|--------|
| Cereal | - | - | 0,005 | 22,028 | 3,840 |
| Coliflor | - | - | 0,563 | 21,525 | 8,254 |
| Forrajeras | - | - | 0,135 | 20,346 | 4,234 |
| Guisante verde | - | - | 3,235 | 10,375 | 5,460 |
| Judía verde | - | - | 0,009 | 12,705 | 2,823 |
| Patata | - | - | 0,558 | 15,308 | 4,635 |
| Tomate | - | - | 0,166 | 7,658 | 0,824 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 2,137 | 7,224 | 3,120 |
| | | Semi-intensivo | 1,325 | 6,526 | 4,610 |
| | Mínimo | Extensivo | 4,100 | 19,044 | 9,122 |
| | | Semi-intensivo | 0,302 | 24,059 | 11,300 |
| | | Intensivo | 1,915 | 26,173 | 10,113 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,619 | 25,334 | 4,189 |
| | | Intensivo | 0,081 | 13,953 | 1,050 |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,006 | 14,474 | 3,218 |
| | Mínimo | Intensivo | 0,006 | 7,884 | 1,050 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 3,299 | 11,904 | 4,206 |
| | | Muy intensivo | 2,813 | 7,794 | 6,294 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 0,096 | 5,306 | 0,474 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 1,309 | 12,542 | 6,159 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,927 | 17,361 | 8,179 |
| | | Intensivo | 7,910 | 15,224 | 14,192 |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 0,173 | 20,261 | 7,892 |
| | | Intensivo | 0,170 | 28,651 | 10,205 |
| | | Muy intensivo | 0,304 | 21,148 | 5,927 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 0,115 | 8,298 | 1,764 |
| | | Intensivo | 0,335 | 7,412 | 1,442 |
| | | Muy intensivo | 0,005 | 10,309 | 0,568 |
| Vid | Mínimo | - | 0,275 | 39,046 | 6,645 |

Tabla 7.17. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 8

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 7,26 | 10,25 | 20,54 | 33,95 | 15,82 | 10,55 | 1,64 | - |
| Coliflor | - | - | - | 0,56 | 3,34 | 14,59 | 63,14 | 0,11 | 16,70 | 1,56 |
| Forrajeras | - | - | 8,04 | 9,86 | 18,00 | 35,69 | 15,87 | 8,07 | 4,43 | 0,5 |
| Guisante vede | - | - | - | - | - | 59,08 | 21,78 | 19,14 | - | - |
| Judía verde | - | - | 5,36 | 14,46 | 31,33 | 32,07 | 4,74 | 11,97 | 0,08 | - |
| Patata | - | - | - | 4,99 | 6,46 | 50,45 | 30,84 | 4,88 | 2,38 | - |
| Tomate | - | - | 25,67 | 58,08 | 10,73 | 4,86 | 0,66 | - | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | - | - | - | 88,89 | 11,11 | - | - | - |
| | | Semi-intensivo | - | - | 0,96 | 60,67 | 38,37 | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | - | - | - | 10,09 | 46,33 | - | 43,58 | - |
| | | Semi-intensivo | 0,5 | 1,87 | 5,50 | 21,26 | 13,40 | 7,56 | 33,87 | 16,49 |
| | | Intensivo | - | - | 1,20 | 15,85 | 23,55 | 19,77 | 38,56 | 1,06 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | - | 1,39 | 15,55 | 49,00 | 25,84 | 0,45 | 0,01 | - |
| | | Intensivo | 52,19 | 16,94 | 17,48 | 11,43 | 1,50 | 0,45 | 0,01 | - |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 8,58 | 13,93 | 14,29 | 45,18 | 15,42 | 1,77 | 0,83 | - |
| | Mínimo | Intensivo | 17,26 | 16,56 | 8,46 | 50,03 | 7,69 | - | - | - |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 84,28 | 10,46 | 4,90 | 0,36 | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 69,35 | 24,14 | 1,53 | 4,21 | 0,77 | - | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 80,72 | 13,71 | 4,10 | 1,27 | 0,18 | - | - | - |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | - | - | 52,66 | 6,51 | - | 32,54 | 8,28 | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | - | 52,83 | - | - | 8,73 | 3,54 | 34,91 | - |
| | | Intensivo | - | - | - | - | 2,12 | - | 97,87 | - |
| Olivo | Mínimo | Extensivo | 6,04 | 1,45 | 8,53 | 23,51 | 21,98 | 14,73 | 23,43 | 0,32 |
| | | Intensivo | 5,34 | 2,78 | 4,84 | 23,39 | 15,33 | 8,96 | 26,80 | 12,55 |
| | | Muy intensivo | 1,84 | 2,30 | 14,15 | 31,08 | 24,13 | 21,06 | 5,08 | 0,35 |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | 28,95 | 21,30 | 20,90 | 26,50 | - | 2,36 | - | - |
| | | Intensivo | 7,85 | 57,79 | 14,31 | 18,00 | 2,05 | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 68,61 | 18,77 | 8,50 | 3,90 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | - |
| Vid | Mínimo | - | 0,48 | 4,90 | 11,24 | 38,63 | 19,09 | 10,23 | 12,36 | 3,07 |



Mapa 7.8. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 8

7.9. Zona 9. Estación de Nájera

Esta zona, que comprende el tramo medio del río Najerilla, posee un paisaje agrario dominado por el viñedo (48,97%) y el cereal (44,60%). Estas especies se cultivan, principalmente, en espacios de topografía suave. La tasa de pérdida de suelos media del espacio agrícola se ha calculado en $3,047 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, la cuarta más elevada de toda La Rioja, debido al peso del viñedo. Los valores más bajos ($0,0009 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se han obtenido en parcelas de remolacha azucarera cultivadas en superficies llanas de la margen izquierda del Najerilla. La tasa más elevada, que alcanza el valor de $24,276 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, se identifica con explotaciones de vid situadas al sur de Bezares y Arenzana de Abajo, en laderas con pendiente superior a 20%, e incluso de 50%.

Respecto a la distribución espacial por rangos erosivos (Mapa 7.9), se observa que el 58,6% del territorio, que comprende la margen derecha del Najerilla, norte de Azofra y Hormilla, y el sector de glacis bajos entre Canillas de río Tuerto y Hormilla, es susceptible a pérdidas de suelo bajas ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). El 38,38% del espacio agrario, es decir, las explotaciones instaladas en laderas que flanquean la red de afluentes de la margen izquierda del Najerilla y taludes que conectan niveles de glacis, presenta pérdidas de suelo tolerables ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). El 3,02% de la superficie restante, correspondiente a escarpes y taludes de gran pendiente sobre los que se cultivan leñosos, registra tasas de erosión superiores al máximo permitido ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

La vid es el cultivo que mayor superficie ocupa en la zona de Nájera. Se concentra en el sector oeste, entre los términos de Torrecilla sobre Alesanco y Hormilleja; así como en la mitad occidental de Nájera, sobre los escarpes que conectan glacis de nivel II y III (Gonzalo Moreno, 1981). En el norte, por el contrario, se ubica sobre glacis medios. En la mitad sur, entre Cárdenas y Manjarrés aparece sobre glacis y escarpados taludes que conectan con el piedemonte occidental de la Sierra de Moncalvillo. Hay, además, otro factor de interés, y es que aunque la mayor parte de las explotaciones se localizan en laderas de pendiente moderada, el 11,27% de la superficie lo hace sobre vertientes abruptas. El valor promedio ($4,779 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) ha resultado ser el tercero más elevado a escala regional tras las medias obtenidas en las zonas de Moncalvillo y Villar de Torre, caracterizadas ambas por su relieve accidentado. Los espacios de viñedo, que obtienen los valores más reducidos ($0,001\text{-}0,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), se corresponden con fincas de fondo plano o de suave relieve ubicadas en glacis bajos al noroeste de Nájera y

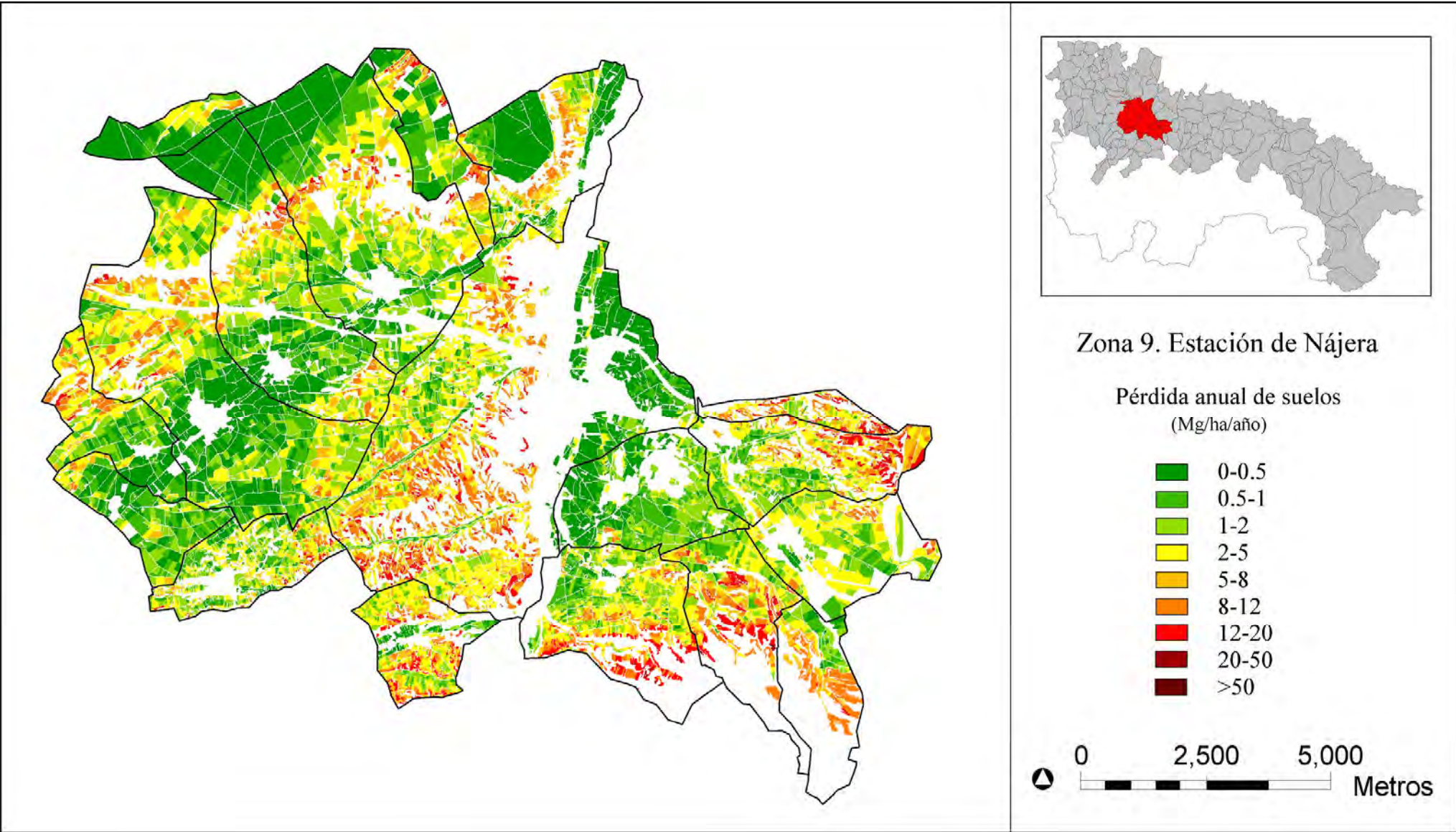
glacis medios entre Alesanco y Hormilleja. Los ratios bajos ($0,5-2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) aparecen en viñedos en laderas de baja y moderada pendiente con independencia a la composición del suelo o el sistema de labranza elegido. En cambio, el intervalo de valores moderados ($2-8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), se identifica con laderas de baja y moderada pendiente con suelos labrados, en la mayor parte de los casos, en el sentido de la pendiente máxima. El rango de valores alto ($8-12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y superior al umbral tolerable ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se corresponde con vertientes acusadas y muy acusadas. labradas en la dirección natural del drenaje.

Tabla 7.18. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 9

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmd |
|---------------------|-------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| Cereal | - | - | 0,003 | 16,320 | 1,494 |
| Forrajeras | - | - | 0,012 | 10,088 | 2,064 |
| Judía verde | - | - | 0,409 | 16,168 | 1,750 |
| Patata | - | - | 0,036 | 8,863 | 1,464 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,0009 | 0,851 | 0,166 |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | 3,467 | 16,245 | 11,866 |
| | | Intensivo | 0,647 | 16,886 | 6,379 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,758 | 12,230 | 6,665 |
| Vid | Mínimo | - | 0,006 | 24,276 | 4,779 |

Tabla 7.19. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 9

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 35,80 | 22,59 | 19,53 | 17,78 | 2,76 | 1,52 | 0,02 | - |
| Forrajeras | - | - | 21,32 | 19,96 | 27,86 | 21,14 | 6,17 | 3,54 | - | - |
| Judía verde | - | - | 3,57 | 44,39 | 41,33 | 8,16 | - | - | 2,55 | - |
| Patata | - | - | 37,43 | 28,33 | 14,69 | 10,87 | 7,17 | 1,52 | - | - |
| Remolacha azucarera | - | - | 93,28 | 6,72 | - | - | - | - | - | - |
| Almendro | Mínimo | Semi-intensivo | - | - | - | 3,13 | 3,13 | 40,63 | 53,13 | - |
| | | Intensivo | - | 9,32 | 3,94 | 17,92 | 41,94 | 9,32 | 17,56 | - |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | - | 1,15 | 13,42 | 5,55 | 53,16 | 24,15 | 2,54 | - |
| Vid | Mínimo | - | 5,59 | 9,10 | 20,45 | 29,89 | 13,65 | 14,71 | 6,49 | 0,13 |



Mapa 7.9. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 9

7.10. Zona 10. Estación de Ocón

Enclavada en las rampas del piedemonte de Cabimonteros, que ponen en contacto Sierra La Hez con la Depresión del Ebro, esta zona emplaza más de la mitad de su territorio (50,89%) en laderas de moderada pendiente. La tasa media de pérdida de suelos es de $2,282 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Mapa 7.10). La tasa mínima ($0,005 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se ha obtenido en fincas de cereal situadas al norte de Ausejo, sobre suelos de fondo plano de la llanura aluvial del Ebro. La más elevada ($28,884 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se corresponde con explotaciones de almendro semi-intensivo cultivadas en vertientes con una pendiente superior al 50%.

Por otra parte, son los valores bajos ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) los que tienen mayor presencia a nivel espacial, concentrados sobre terrazas y glacis bajos del sector norte. El 31,44% del espacio agrícola, que registra tasas moderadas ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), se localiza al sur, sobre niveles de glacis medios y altos. En último lugar, el 1,9% restante, con tasas superiores a la máxima permitida ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), se reparte de forma desigual en la zona centro, donde existen parcelas de leñosos cultivadas en laderas de muy acusada pendiente.

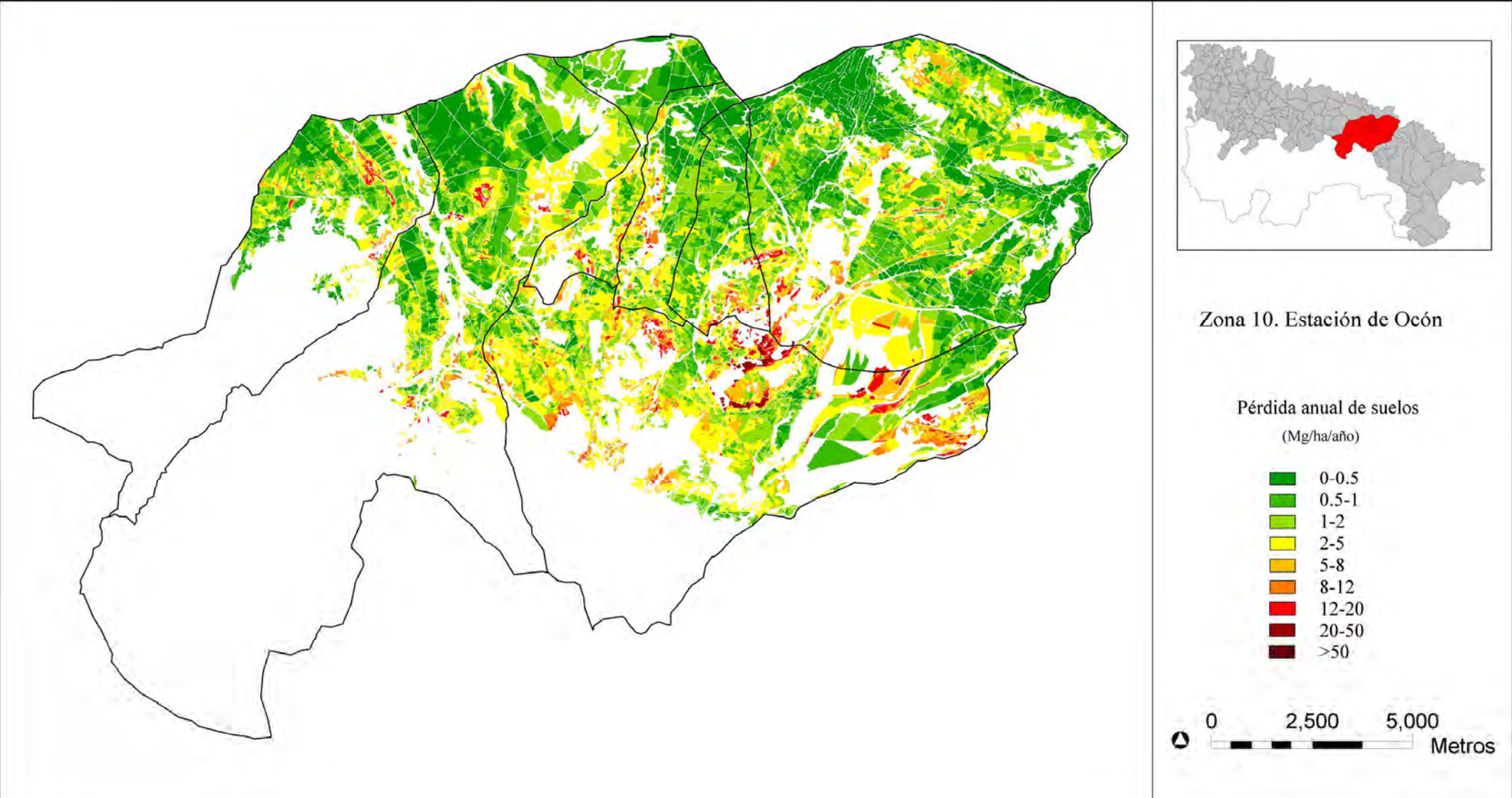
Nuevamente son nogal, almendro y olivo los cultivos que registran las tasas de pérdida de suelos más elevadas. Por lo que respecta al nogal, la práctica totalidad de su superficie, escasa en cualquier caso, se cultiva en el término de Ocón. Las explotaciones de nogal se caracterizan por presentar el sistema de cubiertas vegetales cuando se cultivan en régimen extensivo y el de labranza mínima en régimen semi-intensivo. Resulta llamativo que las tasas sean superiores en nogal con cubierta vegetal, lo que es debido, fundamentalmente, a su ubicación mayoritaria en laderas de pendiente acusada y muy acusada, además de por la menor superficie de dosel aéreo, característico de regímenes de baja densidad de plantación. El olivo se cultiva, fundamentalmente, en niveles de glacis bajos, medios y altos, así como en los pronunciados escarpes que los ponen en contacto. Las tasas de erosión son inferiores en olivar extensivo con cubierta ($0,271\text{-}4,462 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que en el extensivo con labranza mínima ($0,229\text{-}16,879 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), debido a la mayor protección que el mulch ofrece a los suelos. Si el cultivo del olivo es intensivo y con cobertura vegetal, la tasa se reduce aún más ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

Tabla 7.20. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 10

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|-----------------|-------------------|------------------------|-------|--------|--------|
| Cereal | - | - | 0,005 | 10,537 | 1,342 |
| Forrajeras | - | - | 0,226 | 20,718 | 4,702 |
| Judía verde | - | - | 0,504 | 10,432 | 5,160 |
| Patata | - | - | 0,175 | 9,718 | 3,116 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,199 | 12,705 | 4,808 |
| | | Semi-intensivo | 0,365 | 0,372 | 0,369 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,204 | 20,279 | 6,358 |
| | | Semi-intensivo | 0,017 | 28,884 | 6,366 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 0,219 | 23,600 | 5,044 |
| | | Intensivo | 0,190 | 4,622 | 3,285 |
| | | Muy intensivo | 0,843 | 2,913 | 2,207 |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | 5,518 | 14,913 | 12,044 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 3,600 | 13,424 | 8,880 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 0,271 | 4,462 | 1,678 |
| | | Intensivo | 0,847 | 1,017 | 0,995 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,229 | 16,879 | 4,298 |
| | | Intensivo | 0,233 | 15,463 | 3,206 |
| | | Muy intensivo | 0,736 | 8,554 | 5,108 |
| Vid | Mínimo | - | 0,015 | 20,425 | 2,675 |

Tabla 7.21. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 10

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 27,97 | 25,95 | 22,98 | 21,78 | 1,20 | 0,12 | 0 | 0 |
| Forrajeras | - | - | 1,40 | 2,93 | 22,42 | 40,82 | 16,03 | 12,65 | 3,70 | 0,06 |
| Judía verde | - | - | - | 1,17 | 5,24 | 36,40 | 44,44 | 12,75 | - | - |
| Patata | - | - | 2,18 | 2,06 | 17,66 | 68,38 | 9,62 | 0,09 | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 12,17 | 2,02 | 12,64 | 19,41 | 29,47 | 24,09 | 0,19 | - |
| | | Semi-intensivo | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 12,04 | 11,03 | 9,28 | 20,60 | 18,44 | 8,57 | 19,89 | 0,15 |
| | | Semi-intensivo | 1,47 | 7,27 | 14,94 | 31,16 | 19,74 | 10,59 | 9,27 | 5,55 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Intensivo | 7,36 | 21,05 | 17,11 | 25,54 | 5,22 | 7,46 | 14,59 | 1,69 |
| | | Muy intensivo | 0,04 | 8,38 | 24,28 | 34,58 | 24,84 | 3,75 | - | - |
| Nogal | Cubierta | Extensivo | - | 1,68 | 61,83 | 36,49 | - | - | - | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | - | - | 0,04 | 35,78 | 13,81 | 3,12 | 40,62 | 6,25 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | - | - | - | 8,23 | 34,58 | 49,68 | 7,50 | - |
| | | Intensivo | 4,55 | 25,43 | 30,04 | 39,97 | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | - | 4,55 | 95,45 | - | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 1,34 | 7,65 | 26,07 | 41,84 | 7,07 | 8,91 | 7,12 | - |
| | | Muy intensivo | 8,46 | 28,52 | 19,85 | 21,91 | 10,43 | 8,80 | 2,02 | - |
| Vid | Mínimo | - | 25,75 | 3,14 | 13,32 | 53,29 | 4,49 | - | - | |
| Vid | Mínimo | - | 6,27 | 18,14 | 37,42 | 25,17 | 7,31 | 3,59 | 2,10 | - |



Mapa 7.10. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 10

7.11. Zona 11. Estación de Santo Domingo de la Calzada

En la zona de Santo Domingo de la Calzada predominan las topografías de pendiente ligera o moderadamente inclinada, donde se cultivan especies herbáceas casi en exclusiva. La tasa de erosión media es de $1,125 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con un valor mínimo de $0,002 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que se corresponde a parcelas de remolacha azucarera, y una tasa máxima de $19,039 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que se obtiene en fincas de nogal intensivo localizadas en el término de Santurdejo, sobre laderas de pendiente muy acusada ($>20\%$) labradas en el sentido de la misma.

El análisis de la distribución espacial de los rangos erosivos establecidos por Renard *et al* (1996) muestra que el 85,26% de la superficie agrícola es susceptible de presentar pérdidas de suelo bajas ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), moderadas ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en el 14,71%, y muy altas ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en un espacio mínimo (0,02%) (Mapa 7.11).

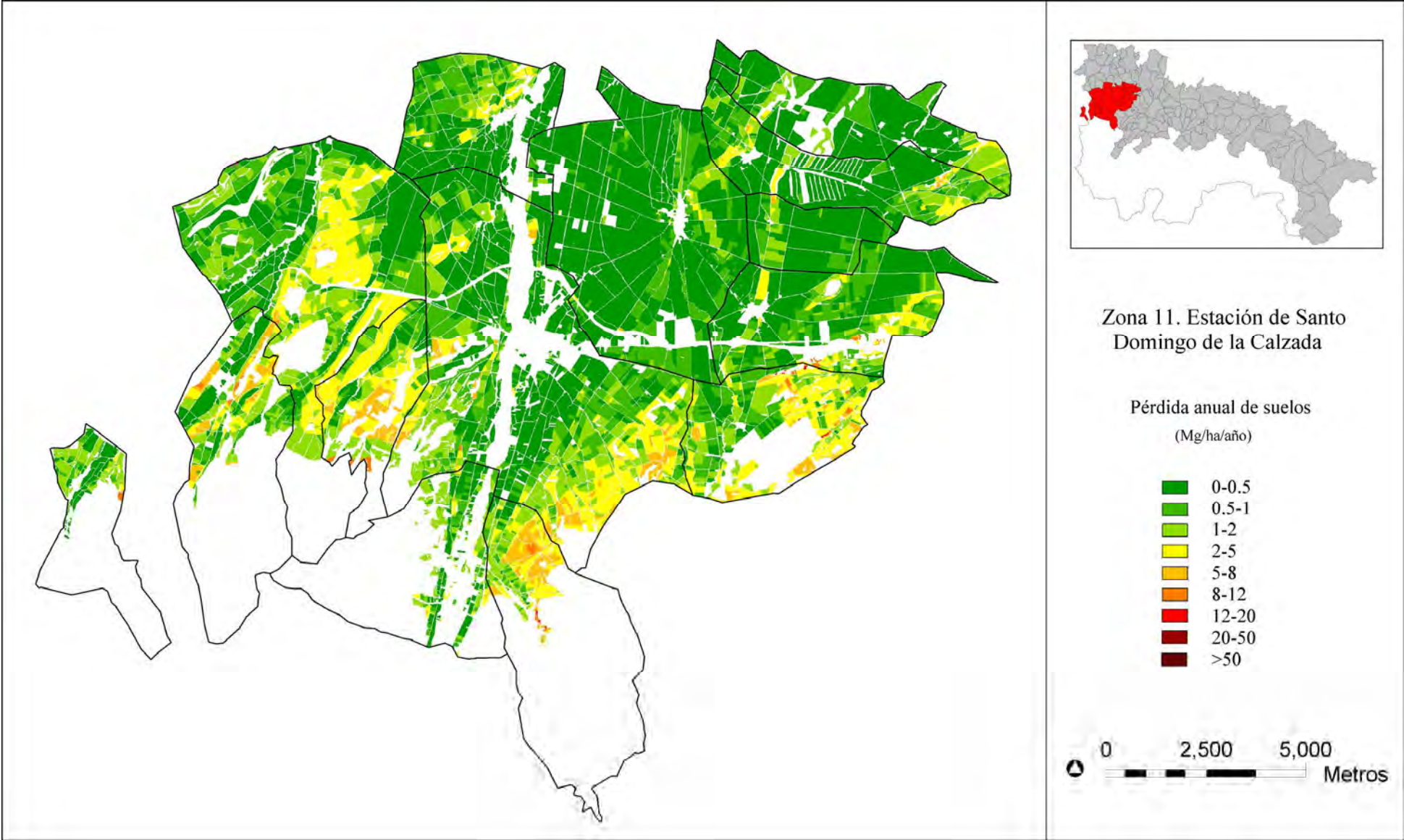
El cereal es el cultivo de mayor superficie. Ocupa relieves suavemente accidentados y laderas moderadamente inclinada, de manera que registra tasas de pérdida de suelos entre $0,003$ y $12,015 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, estableciéndose el valor medio en $1,101 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. La localización de este cultivo en pendientes variables es la responsable de las diferentes tasas de erosión que registra: a mayor pendiente en las laderas, mayor es la tasa de erosión en cereal.

Tabla 7.22. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 11

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Cereal | - | - | 0,003 | 12,000 | 1,101 |
| Colza | - | - | 0,392 | 0,399 | 0,392 |
| Guisante verde | - | - | 1,173 | 9,891 | 5,191 |
| Judía verde | - | - | 0,029 | 5,650 | 1,763 |
| Patata | - | - | 0,395 | 12,493 | 4,609 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,002 | 0,167 | 0,098 |
| Zanahoria | - | - | 0,278 | 0,278 | 0,278 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 4,111 | 5,584 | 5,142 |
| | | Intensivo | 0,973 | 2,107 | 1,192 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,693 | 2,713 | 1,349 |
| | | Intensivo | 1,234 | 19,039 | 7,679 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 0,910 | 1,945 | 1,246 |
| | | Muy intensivo | 0,324 | 5,102 | 1,261 |
| Vid | Mínimo | - | 0,008 | 18,047 | 2,145 |

Tabla 7.23. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 11

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 |
| Cereal | - | - | 49,61 | 19,29 | 16,53 | 11,61 | 2,78 | 0,18 | - |
| Colza | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - |
| Guisante verde | - | - | - | - | 2,39 | 26,28 | 69,28 | 2,05 | - |
| Judía verde | - | - | 2,15 | 33,00 | 16,17 | 48,35 | 0,33 | - | - |
| Patata | - | - | 1,54 | 4,49 | 23,11 | 27,73 | 21,57 | 18,36 | 3,21 |
| Remolacha azucarera | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - |
| Zanahoria | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | - | - | - | 25,00 | 75,00 | - | - |
| | | Intensivo | - | 11,32 | 88,21 | 0,47 | - | - | - |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | - | 51,13 | 26,57 | 22,31 | - | - | - |
| | | Intensivo | - | - | 11,73 | 43,14 | 8,84 | 20,76 | 15,52 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | - | 37,46 | 62,54 | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 0,21 | 61,20 | 35,02 | 2,31 | 1,26 | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 26,53 | 35,79 | 17,19 | 9,06 | 4,75 | 5,76 | 0,92 |



Mapa 7.11. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 11

7.12. Zona 12. Estación de San Vicente de la Sonsierra

En este sector de la Sonsierra, destaca la presencia mayoritaria de explotaciones de vid (74%), así como de laderas de moderada pendiente (54,99%) y suelos escasamente pedregosos (4,05-38,50%). Las tasas de pérdida de suelos se mueven entre 0,003 y 28,214 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un valor medio de 3,351 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Es en fincas dedicadas al cereal, instaladas sobre superficies llanas y suelos de textura media moderadamente pedregosos (20-30%), donde se han calculados los valores mínimos. Por otra parte, la mayor tasa de producción de sedimentos se ha detectado en una parcela de vid en San Vicente de la Sonsierra, instalada en un pronunciado escarpe (20-30% de pendiente).

El 52,44% del espacio presenta valores moderados de pérdida de suelos (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y el 45,87% tiene valores bajos (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). El 1,69% del espacio restante, identificado con áreas de muy acusada pendiente, registra ratios de pérdida de suelos superiores al umbral de tolerancia (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Aunque el cultivo de la patata resulta casi anecdótico, es el que presenta la mayor tasa de pérdida de suelos media (9,121 Mg ha⁻¹ año⁻¹), seguida del almendro y la vid. En el caso de la patata, las escasas parcelas existentes reúnen la particularidad de situarse en laderas de gran inclinación (20-30%), labrándose a favor de la pendiente máxima.

En viñedo, la tasa media es de 4,031 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Es en las terrazas de la margen izquierda del Najerilla, la terraza de nivel I que flanquea el meandro de Davalillo y el paquete de glaciares medios de la Venta de Valpierre donde se documentan las tasas de erosión más bajas (0,001-0,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Este sector, que representa al 6% del viñedo, se caracteriza por emplazarse sobre estructuras de fondo plano o suavemente ondulado que han dado lugar a profundos suelos de texturas finas (arcillosa) y medias (franco arcillosa). A medida que aumenta el gradiente de la ladera se puede constatar un incremento en las tasas de producción de sedimentos. El intervalo de valores tolerables (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) es el más representativo del espacio dedicado al viñedo, ya que el 64,5% de las superficies se ven afectadas por pérdidas de suelo entre moderadas y altas. En este caso, la variable edáfica comienza a adquirir importancia ya que no son espacios de gran pendiente (5-15%), aunque sí carentes de un mulch pedregoso de cierta densidad (0-20%). Por último, el 2,40% de los suelos dedicados a vid muestran tasas muy elevadas de erosión, superiores al umbral de tolerancia contemplado por

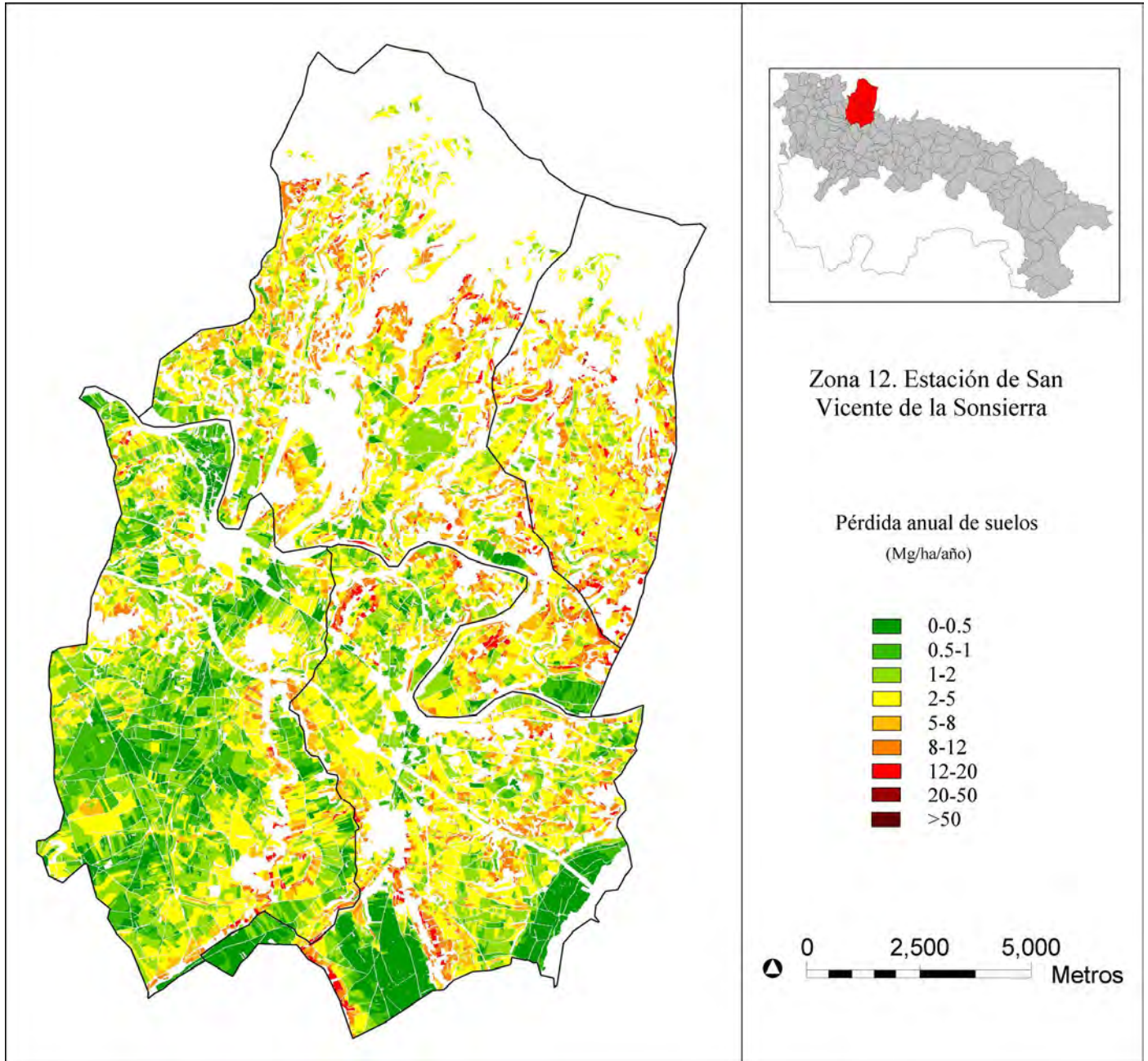
Wischmeier y Smith (1978). Este es el caso de las explotaciones instaladas en taludes de pendiente acusada y muy acusada que ponen en contacto diferentes niveles de glacis y terrazas labrados por lo general sin criterio de conservación alguno.

Tabla 7.24. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 12

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| Cereal | - | - | 0,003 | 21,575 | 1,579 |
| Forrajeras | - | - | 0,010 | 10,329 | 3,636 |
| Judía verde | - | - | 0,661 | 7,433 | 2,308 |
| Patata | - | - | 1,848 | 19,136 | 9,121 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,343 | 1,836 | 0,550 |
| Almendro | Mínimo | Intensivo | 0,975 | 15,552 | 6,990 |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | 1,335 | 6,229 | 2,947 |
| | | Muy intensivo | 0,165 | 3,258 | 1,407 |
| Vid | Mínimo | - | 0,007 | 28,214 | 4,031 |

Tabla 7.25. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 12

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 16,42 | 29,55 | 30,74 | 20,75 | 2,47 | 0,05 | 0,003 | 0,0004 |
| Forraje | - | - | 20,21 | 7,85 | 11,87 | 23,72 | 26,08 | 10,27 | - | - |
| Judía verde | - | - | - | 16,82 | 43,32 | 30,88 | 8,99 | - | - | - |
| Patata | - | - | - | - | 0,93 | 8,33 | 29,63 | 46,30 | 14,81 | - |
| Remolacha azucarera | - | - | 85,45 | 8,96 | 5,59 | - | - | - | - | - |
| Almendro | Mínimo | Intensivo | - | 5,56 | 11,11 | 20,83 | 25,00 | 33,33 | 4,17 | - |
| Olivo | Mínimo | Intensivo | - | 1,30 | 57,00 | 32,92 | 6,90 | 1,86 | - | - |
| | | Muy intensivo | 46,00 | - | 2,00 | 52,00 | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 6,05 | 6,80 | 20,25 | 41,68 | 13,23 | 9,59 | 2,36 | 0,04 |



Mapa 7.12. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 12

7.13. Zona 13. Estación de Uruñuela-Torremontalbo

Esta zona, con una topografía de formas suaves, se dedica casi en exclusiva al cultivo de la vid (89,67%). Las tasas de pérdida de suelo presentan valores distantes, entre 0,003 y 26,413 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un valor medio de 2,601 Mg ha⁻¹ año⁻¹. La erosión máxima se ha identificado en explotaciones de vid al sureste de Cenicero y este de Huércanos, sobre laderas de pendiente acusada (15-20%) con escasa pedregosidad (10-20%), en las que no se aplica práctica de conservación alguna. En cambio, el valor mínimo se ha obtenido en fincas de cereal instaladas en la margen derecha del río Najerilla, sobre terrazas de fondo llano o ligeramente pronunciadas, con un alto contenido en materiales gruesos (30-40%).

Desde una perspectiva espacial (Mapa 7.13), el 65,89% del paisaje agrario presenta ratios de pérdida de suelos bajos (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹), mientras que el 30,8%, localizado en el sector central y oriental de la zona de estudio, se ve afectado por tasas más elevadas (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹). El 3,31% de la superficie restante, ubicada en el nivel de glacis de nivel III y IV que conectan con el antiguo nivel de terrazas del río Iregua (Gonzalo Moreno, 1982), registra valores que sobrepasan el umbral de tolerancia (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

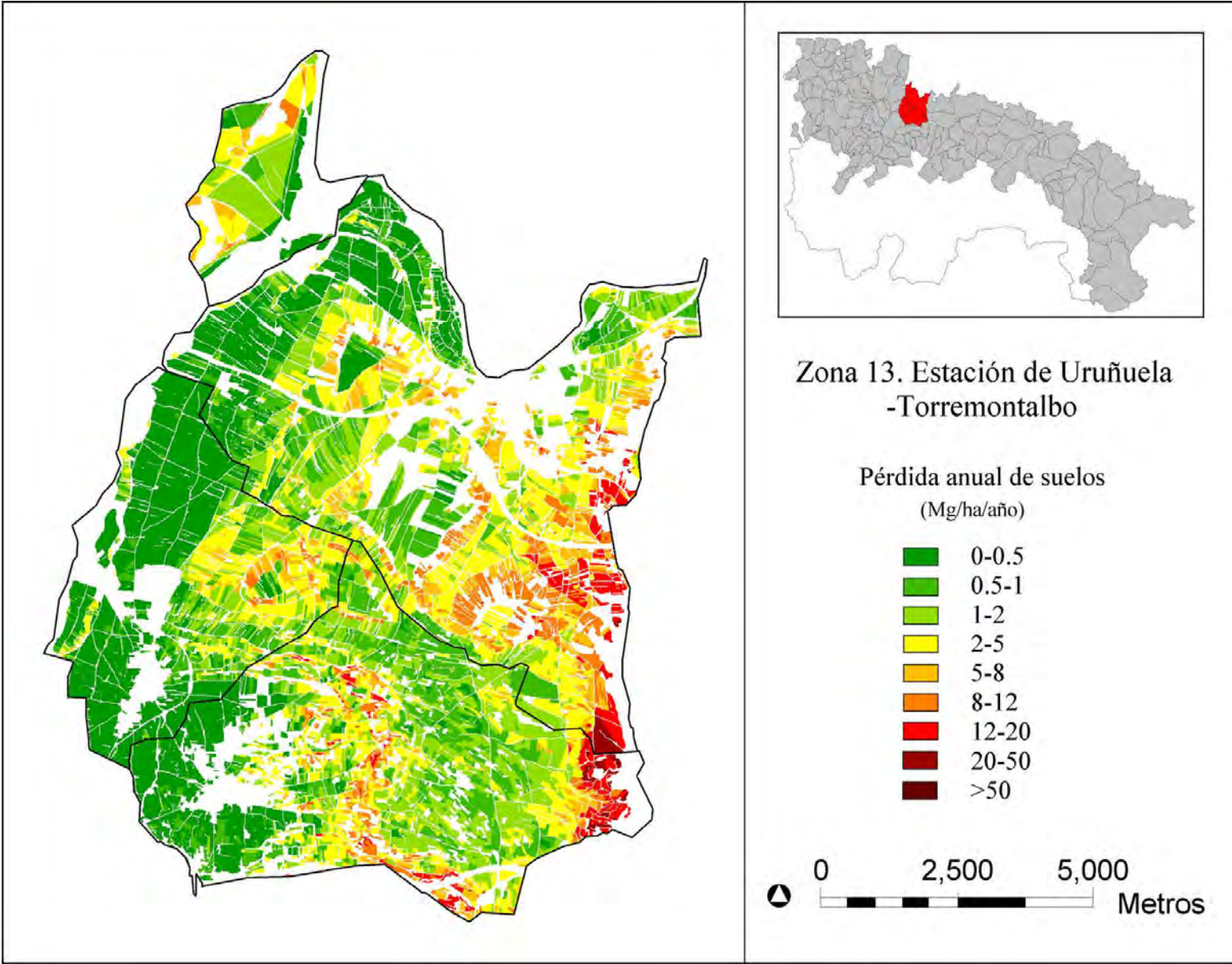
En viñedo, el cultivo principal de este sector del bajo Najerilla, el valor medio de pérdida de suelos se ha calculado en 2,812 Mg ha⁻¹ año⁻¹, alcanzando valores superiores al umbral máximo permitido en el nivel de glacis medios y altos entre Cenicero y Huércanos y el flanco oriental del glacis de nivel III del centro de Huércanos. Se trata de espacios con pendientes superiores al 10%, suelos escasamente pedregosos (10-20%) y dirección de laboreo a favor de la pendiente. A pesar de estos valores, más de la mitad del espacio dedicado a la vid experimenta tasas de pérdida de suelos bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Las parcelas que registran los menores ratios de erosión (0,001-0,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹), se corresponden con las topografías llanas o levemente onduladas características de la llanura aluvial del Najerilla. Es en los niveles inferiores de terrazas y glacis, es decir, en los espacios inmediatamente cercanos a la llanura de inundación, donde se detectan tasas de erosión ligeramente superiores (0,5-1 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Tabla 7.26. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 13

| Cultivos | Sistema de manejo | Min | Max | Pmed |
|--------------------|-------------------|-------|--------|-------|
| Cereal | - | 0,003 | 7,968 | 0,699 |
| Forrajeras | - | 0,007 | 0,794 | 0,238 |
| Lechuga y escarola | - | 0,007 | 3,000 | 0,346 |
| Patata | - | 0,006 | 0,948 | 0,260 |
| Vid | Mínimo | 0,004 | 26,413 | 2,812 |

Tabla 7.27 Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 13

| Cultivos | Sistema de manejo | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | 64,75 | 16,11 | 10,93 | 7,12 | 1,09 | - | - | - |
| Forrajeras | - | 96,94 | 3,06 | - | - | - | - | - | - |
| Lechuga y escarola | - | 82,22 | 12,95 | 4,28 | 0,54 | - | - | - | - |
| Patata | - | 99,76 | 0,24 | - | - | - | - | - | - |
| Vid | Mínimo | 22,00 | 17,77 | 22,92 | 20,76 | 7,58 | 5,24 | 3,10 | 0,61 |



Mapa 7.13. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 13

7.14. Zona 14. Estación de Villar de Torre

Este sector dedica casi tres terceras partes de su superficie al cereal (73,15%), con la vid como segundo cultivo en extensión (16%). Más de la mitad del área agrícola (58,2%) se localiza en pendientes moderadas, seguido por las superficies cultivadas en pendientes abruptas (17,79%) y muy abruptas (7,87%). Por lo que respecta a las tasas de pérdida de suelo, estas oscilan entre 0,003 y 34,119 Mg ha⁻¹ año⁻¹, calculándose el valor medio en 4,832 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Es el valor medio más sobresaliente de entre los obtenidos hasta el momento, debido a la gran influencia del factor topográfico. El valor mínimo se ha detectado en una finca de cereal de topografía llana en el término de Cárdenas, mientras que el valor más sobresaliente corresponde a parcelas de vid cultivadas en laderas de gran inclinación (30-50%) y muy baja pedregosidad (5-10%) labradas en el sentido de la pendiente máxima.

En lo referente a la distribución espacial de los intervalos de erosión (Mapa 7.14), el 62,91% de las superficies se ven afectadas por pérdidas de suelo tolerables (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹), mientras que el 30,26%, identificado con las áreas más deprimidas de la red fluvial, registra tasas bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). El 6,83% restante, ubicada en pronunciados escapes entre Badarán, Baños de río Tobía y Camprovín, presenta valores superiores la máxima de degradación de suelos aceptable (>12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

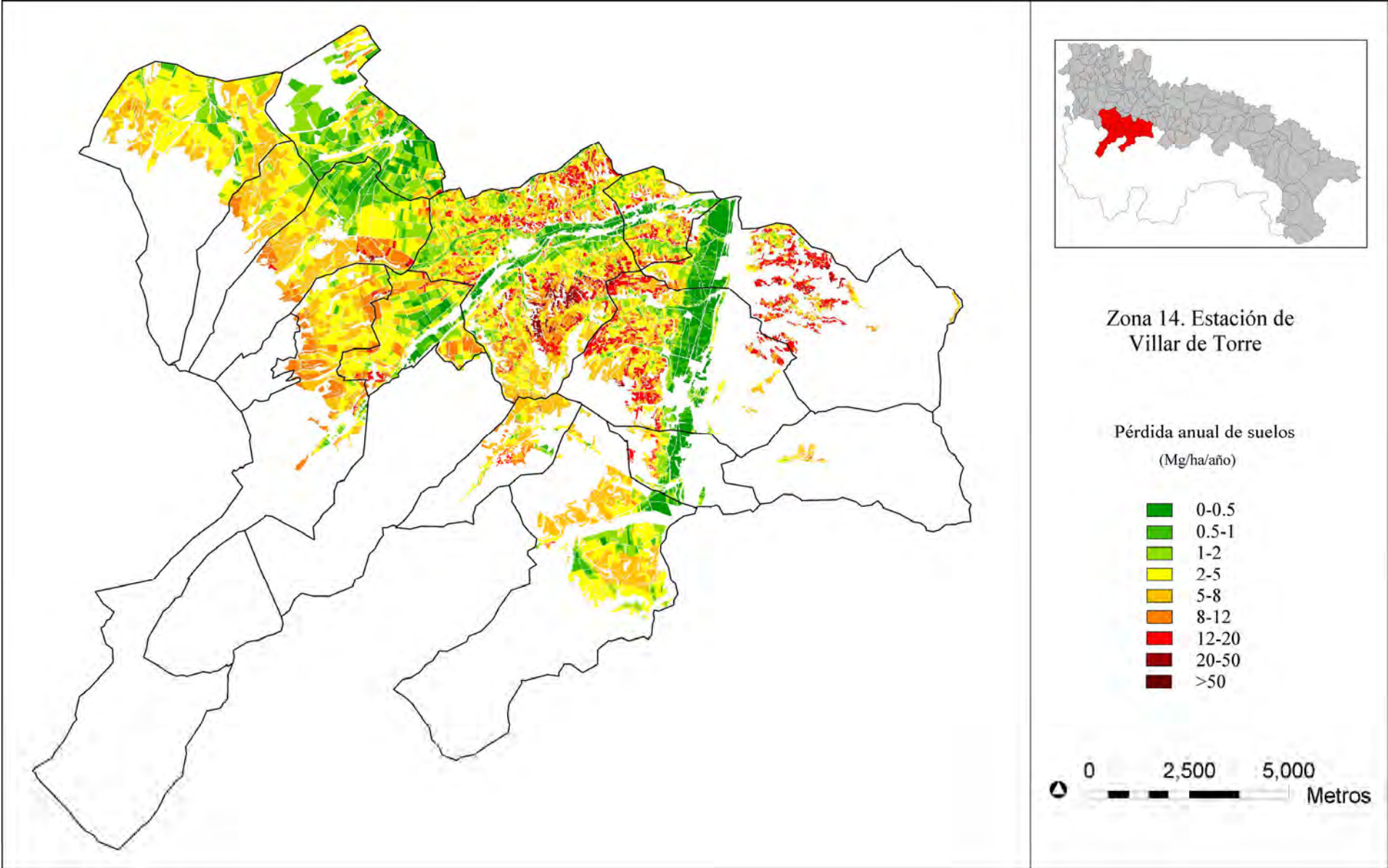
Las superficies de vid (16%), concentradas en los municipios más septentrionales, se cultivan sobre glacis medios de suave y moderada pendiente, y sobre glacis altos y escarpes de pendiente superior a 15%. Las tasas de erosión se han calculado entre 0,025 y 34,119 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estimándose el valor medio en 8,602 Mg ha⁻¹ año⁻¹, que es el valor promedio más alto del espacio agrícola riojano.

Tabla 7.28. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 14

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|--------|
| Cereal | - | - | 0,003 | 17,652 | 3,698 |
| Colza | - | - | 2,576 | 7,429 | 5,333 |
| Forrajeras | - | - | 0,177 | 12,959 | 3,941 |
| Judía verde | - | - | 0,198 | 4,692 | 1,002 |
| Patata | - | - | 0,036 | 19,305 | 6,928 |
| Remolacha azucarera | - | - | 0,039 | 1,745 | 0,376 |
| Almendro | Mínimo | Intensivo | 1,396 | 33,164 | 16,869 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,891 | 10,355 | 5,868 |
| | | Intensivo | 4,509 | 8,606 | 5,841 |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | 1,378 | 2,069 | 1,582 |
| | | Muy intensivo | 0,214 | 0,722 | 0,326 |
| Nogal | Cubierta | Intensivo | 1,043 | 4,245 | 2,246 |
| | | Extensivo | 4,397 | 7,475 | 5,701 |
| | Mínimo | Semi-intensivo | 0,568 | 24,644 | 8,735 |
| | | Intensivo | 1,649 | 13,327 | 10,191 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,279 | 8,393 | 3,213 |
| Olivo | Mínimo | Muy intensivo | 4,567 | 17,298 | 11,229 |
| Vid | Mínimo | - | 0,025 | 34,119 | 8,602 |

Tabla 7.29. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 14

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 7,65 | 9,64 | 16,30 | 35,15 | 24,92 | 6,20 | 0,14 | - |
| Colza | - | - | - | - | - | 18,75 | 81,25 | - | - | - |
| Forrajeras | - | - | 11,26 | 16,97 | 22,32 | 17,53 | 15,73 | 14,92 | 1,27 | - |
| Judía verde | - | - | 29,61 | 30,66 | 32,83 | 6,90 | - | - | - | - |
| Patata | - | - | 16,80 | 6,10 | 5,75 | 9,35 | 15,37 | 23,73 | 22,90 | - |
| Remolacha azucarera | - | - | 84,39 | 8,82 | 6,79 | - | - | - | - | - |
| Almendro | Mínimo | Intensivo | - | - | 0,02 | 1,18 | 9,18 | 32,82 | 24,82 | 31,98 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | - | 16,45 | - | 16,28 | 35,35 | 31,91 | - | - |
| | | Intensivo | - | - | - | 39,02 | 58,54 | 2,44 | - | - |
| Manzano | Cubierta | Intensivo | - | - | 77,94 | 22,06 | - | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 91,55 | 8,45 | - | - | - | - | - | - |
| Nogal | Cubierta | Intensivo | - | - | 57,07 | 42,93 | - | - | - | - |
| | | Extensivo | - | - | - | 28,13 | 71,88 | - | - | - |
| | Mínimo | Semi-intensivo | - | 48,22 | 0,08 | 2,32 | 0,58 | 10,85 | 37,12 | 0,83 |
| | | Intensivo | - | - | 2,12 | 11,66 | 1,41 | 62,54 | 22,26 | - |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 23,56 | 19,63 | 25,77 | 0,12 | 19,88 | 11,04 | - | - |
| Olivo | Mínimo | Muy intensivo | - | - | - | 3,86 | 21,62 | 27,03 | 47,49 | - |
| Vid | Mínimo | - | 2,09 | 5,15 | 8,84 | 22,82 | 16,99 | 13,08 | 27,70 | 3,32 |



Mapa 7.14. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 14

7.15. Zona 15. Estación de Yerga

En el sector más suroriental de La Rioja, el mapa de pérdida de suelos anual presenta una tasa de erosión media de $4,020 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, la tercera tasa más significativa a nivel regional. La causa que explica esta dinámica es, por una parte, la influencia del factor topográfico, ya que el 27,48% del espacio se localiza en vertientes muy acusadas y hasta casi un 50% lo hace en pendientes moderadas.

Casi tres cuartas partes del espacio agrario se dedica al cultivo de especies leñosas como el almendro (45,71%), la vid (12,44%) y el olivo (10,40%), es decir, plantaciones en las que una parte del suelo está desprotegido todo el año, salvo que se aplique el sistema de cubiertas vegetales cultivadas o espontáneas. Además, en el caso de las especies de hoja caduca, la cobertura del suelo es mínima durante gran parte del año. La tasa de pérdida de suelo mínima ($0,003 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se identifica con explotaciones de cereal sobre superficies llanas, mientras que el valor máximo ($40,210 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se localiza en parcelas de almendro semi-intensivo en laboreo mínimo, situadas en vertientes escasamente pedregosas (10-20%) con inclinación superior a 15%.

En el Mapa 7.15 se puede apreciar que el 48,53% del paisaje agrario, en concreto bancales y fondos de valle, registra pérdidas de suelo bajas ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Otro 45%, localizado en laderas de pendiente y pedregosidad variables, ve aumentar las tasas de erosión al intervalo $2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. El espacio restante, instalado sobre las escarpadísimas laderas (20-50% de pendiente) de los barrancos de Carnazún, y La Canejada y la red de arroyos al norte del término de Cervera del río Alhama, registra pérdidas que indican un alto nivel de degradación de los suelos ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

Almendro, melocotonero y nectarino, olivo y vid presentan las tasas más elevadas. El almendro se ha concentrado tradicionalmente en las tierras más marginales y de relieve accidentado, como ha ocurrido también con el olivo. En viñedos se han obtenido tasas de erosión de considerable amplitud, entre $0,080\text{-}27,061 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con un valor medio de $5,164 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. El 44,32% de las superficies que presentan valores bajos ($0,001\text{-}2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se identifican con topografías de inclinación inferior a 10%; mientras que el 41,43% registra tasas tolerables ($2\text{-}12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), correspondiendo a relieves moderados y abruptos. En último lugar, el 14,44 % de las fincas susceptibles a pérdidas de suelo muy elevadas ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se localizan en laderas de pendiente superior

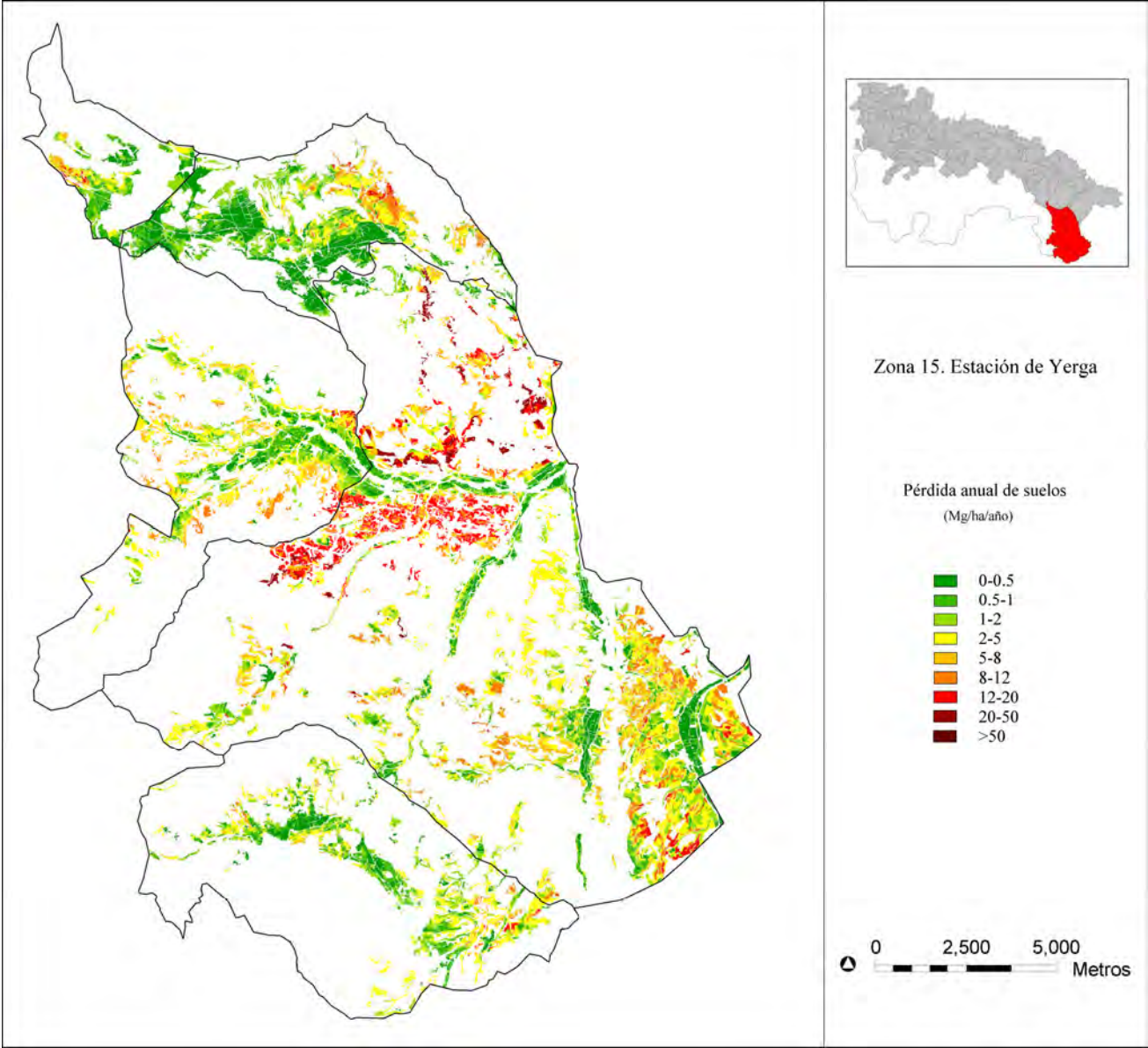
a 15%, suelos con pedregosidad superficial inferior a 30% y un contenido en materia orgánica entre 0,87-2,35%.

Tabla 7.30. Tasas de pérdida de suelos mínima, máxima y promedio por cultivos en la Zona 15

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Min | Max | Pmed |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|--------|
| Cereal | - | - | 0,003 | 10,922 | 1,755 |
| Coliflor y brócoli | - | - | 0,096 | 7,484 | 2,563 |
| Forrajeras | - | - | 0,006 | 8,549 | 1,362 |
| Guisante seco | - | - | 0,146 | 13,615 | 3,133 |
| Patata | - | - | 0,195 | 6,820 | 1,610 |
| Pimiento | - | - | 0,184 | 4,272 | 1,338 |
| Tomate | - | - | 0,540 | 10,451 | 1,218 |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 0,117 | 10,308 | 1,210 |
| | | Semi-intensivo | 0,106 | 3,441 | 1,572 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,204 | 16,505 | 3,548 |
| | | Semi-intensivo | 0,028 | 40,210 | 8,063 |
| | | Intensivo | 0,076 | 34,433 | 7,153 |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Muy intensivo | 1,194 | 2,186 | 2,043 |
| | | Semi-intensivo | 2,247 | 4,284 | 3,390 |
| | | Intensivo | 0,640 | 5,490 | 2,923 |
| | Muy intensivo | 2,983 | 9,411 | 7,128 | |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 0,288 | 3,582 | 1,835 |
| | | Intensivo | 1,688 | 6,993 | 3,316 |
| Manzano | Cubierta | Muy intensivo | 0,280 | 8,118 | 3,823 |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | 3,923 | 13,226 | 10,947 |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 0,262 | 13,335 | 4,874 |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | 2,530 | 14,270 | 8,150 |
| | | Intensivo | 0,251 | 3,369 | 1,397 |
| | Mínimo | Extensivo | 0,116 | 14,276 | 3,584 |
| | | Intensivo | 0,530 | 18,275 | 3,814 |
| Peral | Cubierta | Muy intensivo | 0,229 | 6,264 | 1,979 |
| | | Semi-intensivo | 0,755 | 4,215 | 2,725 |
| | | Intensivo | 0,104 | 7,339 | 1,374 |
| Vid | Mínimo | Muy intensivo | 0,570 | 6,775 | 2,221 |
| | | - | 0,080 | 27,061 | 5,164 |

Tabla 7.31. Porcentajes de superficie afectada por intervalos de erosión en la Zona 15

| Cultivos | Sistema de manejo | Régimen de explotación | Intervalos de erosión (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,001-0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | 5-8 | 8-12 | 12-20 | 20-50 |
| Cereal | - | - | 23,56 | 18,43 | 23,81 | 30,21 | 3,47 | 0,52 | - | - |
| Coliflor y brócoli | - | - | 13,29 | 15,09 | 14,97 | 49,82 | 6,83 | - | - | - |
| Forrajeras | - | - | 22,81 | 29,39 | 25,41 | 22,13 | 0,25 | - | - | - |
| Guisante seco | - | - | 18,92 | 11,64 | 16,41 | 35,33 | 6,22 | 10,33 | 1,13 | - |
| Patata | - | - | 18,94 | 23,40 | 38,23 | 17,87 | 1,56 | - | - | - |
| Pimiento | - | - | 14,00 | 20,48 | 46,71 | 18,81 | - | - | - | - |
| Tomate | - | - | 31,74 | 35,26 | 19,41 | 10,82 | 2,03 | 0,74 | - | - |
| Almendro | Cubierta | Extensivo | 47,69 | 10,28 | 20,30 | 21,29 | 0,36 | 0,09 | - | - |
| | | Semi-intensivo | 7,33 | 23,87 | 35,41 | 33,39 | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 8,83 | 28,51 | 17,52 | 12,98 | 19,36 | 10,22 | 2,58 | - |
| | | Semi-intensivo | 2,73 | 3,91 | 9,91 | 21,66 | 22,39 | 19,12 | 13,44 | 6,84 |
| | | Intensivo | 5,21 | 7,43 | 10,11 | 22,26 | 16,97 | 18,06 | 15,92 | 4,03 |
| Muy intensivo | - | - | 13,33 | 86,67 | - | - | - | - | | |
| Cerezo y guindo | Cubierta | Semi-intensivo | - | - | - | 100 | - | - | - | - |
| | | Intensivo | - | 15,67 | 24,06 | 53,75 | 6,51 | - | - | - |
| | | Muy intensivo | - | - | - | 17,04 | 45,86 | 37,09 | - | - |
| Ciruelo | Cubierta | Semi-intensivo | 10,67 | 25,11 | 15,78 | 48,44 | - | - | - | - |
| | | Intensivo | - | - | 65,43 | 8,64 | 25,93 | - | - | - |
| Manzano | Cubierta | Muy intensivo | 15,13 | 16,61 | 19,29 | 22,77 | 5,40 | 20,79 | - | - |
| Melocotonero y nectarino | Cubierta | Intensivo | - | - | - | 11,27 | - | 59,62 | 29,11 | - |
| Nogal | Mínimo | Semi-intensivo | 3,53 | 7,13 | 11,36 | 30,98 | 36,77 | 3,95 | 6,28 | - |
| Olivo | Cubierta | Extensivo | - | - | - | 25,77 | 20,00 | 34,02 | 20,21 | - |
| | | Intensivo | 50,59 | 22,35 | 1,18 | 25,88 | - | - | - | - |
| | Mínimo | Extensivo | 3,18 | 8,35 | 29,31 | 31,99 | 22,16 | 4,05 | 0,95 | - |
| | | Intensivo | 6,80 | 9,56 | 13,49 | 39,03 | 23,50 | 6,83 | 0,78 | - |
| | | Muy intensivo | 18,42 | 26,34 | 22,59 | 27,84 | 4,82 | - | - | - |
| Peral | Cubierta | Semi-intensivo | - | 3,80 | 22,15 | 74,05 | - | - | - | - |
| | | Intensivo | 13,22 | 40,98 | 30,11 | 13,99 | 1,71 | - | - | - |
| | | Muy intensivo | 15,14 | 12,50 | 37,89 | 29,83 | 4,63 | - | - | - |
| Vid | Mínimo | - | 7,58 | 16,81 | 19,83 | 23,16 | 11,23 | 6,95 | 12,17 | 2,27 |



Mapa 7.15. Valores de pérdida anual de suelos en la Zona 15

7.16. Discusión

Los valores de pérdida de suelo calculados para la región, revelan que el 66,64% de los suelos presentan una tasa de erosión baja ($0,001-2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), el 31% valores próximos al valor límite ($2-12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y el 2,27% se sitúa en valores de erosión muy altos ($>12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Los ratios de pérdida de suelos se han estimado entre $0,0009$ y $50,573 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, estableciéndose el valor medio en $2,369 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, cifra muy inferior a los $23,37 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ calculados por el ICONA (1987-2011) para el territorio nacional.

En lo referente a las plantaciones de cereal, a escala regional se calcularon tasas de pérdida de suelos entre $0,001$ y $32,470 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con un valor medio de $1,499 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, muy cercano al estimado por Evans (2002), en $1,85 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Mucho más elevadas son, sin embargo, las tasas que De Santiesteban *et al* (2006) calcularon en cereales de Navarra (entre $2-115 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), las de El Aroussi *et al* (2011) en el pre-Rif de Marruecos, con valores anuales de $41,62 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, y las de Sadiki *et al* (2004), con valores superiores a $32,17 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Estudios más específicos como los de Bolline (1982) en parcelas de cereal con un 6% de pendiente dieron lugar a tasas entre $4-11,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, valores más elevados que los calculados en parcelas de La Rioja con similar pendiente (entre $0,036-7,125 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Por su parte, López Bermúdez *et al* (2000), calcularon en una ladera de regosoles con pendiente entre 5-24% tasas de pérdida de suelos entre $6-15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, ratios sensiblemente superiores a los obtenidos en topografías y suelos que reúnen las mismas características en La Rioja. En Toledo, de Alba *et al* (2003) monitorizaron una parcela experimental en laboreo convencional instalada en pendientes moderadas, obteniendo una tasa media anual de $6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que en el área de estudio, el cereal cultivado en las mismas pendientes ha arrojado una tasa media de $3,525 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Diferente es el enfoque de Boardman y Poesen (2006), quienes analizaron la erosión potencial conforme a tres sistemas de gestión de los suelos. Obteniendo tasas de $0,95 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en labranza en contorno y entre $1,17-12,79 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en labranza en el sentido de la pendiente.

En forrajeras tenemos los trabajos de García Ruiz *et al* (1997) en parcelas de alfalfa en regadío, donde se calculó una tasa de $1,12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, bastante cercana a la tasa media riojana de $2,550 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; mientras que el estudio posterior de Lasanta *et al*

(2001) la estima muy superior, en $15,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Por su parte, son El Aroussi *et al* (2011), quienes obtuvieron una tasa más elevada, de $19,57 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

En lo referente a la familia de las crucíferas (col, repollo, coliflor y brócoli) existe muy poca bibliografía a la que recurrir para establecer comparativas. Únicamente en la monografía de Boardman y Poesen (2006) se menciona un análisis de pérdida de suelos en campos cultivados con crucíferas en Bulgaria, que arrojaron una tasa media de $0,42 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. No obstante, ha resultado ser muy cercana a los valores medios obtenidos en La Rioja, con $1,126 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ para coliflor y brócoli y $0,476 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en col y repollo. Por lo que respecta a estas dos últimas hortalizas de hoja, existe un estudio anterior de Evans (2002) sobre col rizada que obtuvo una tasa media anual de $2,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, bastante superior a la de Boardman y Poesen (2006) y a la riojana.

En leguminosas (judía verde, guisante verde y haba), Evans (2002) midió la erosión hídrica ocurrida en diferentes cultivos entre 1982-1986, obteniendo para el guisante una tasa media anual de $1,210 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, muy cercana a la media obtenida en guisante riojano, de $1,599 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En cambio, los valores establecidos para judía verde y haba (en este autor su cultivo de referencia es la *Phaseolus vulgaris*, la planta de frijol) son sensiblemente inferiores, con una media de $0,47 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En efecto, el ratio de pérdida de suelos promedio en haba riojana se ha establecido en $3,313 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, ya que tres cuartas partes de las plantaciones se cultivan en laderas de moderada pendiente (5-15%); mientras que en judía verde, que tiene una distribución espacial mucho más heterogénea, el valor es de $2,442 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Mucho más interesante es la comparativa de nuestros resultados con los obtenidos en el trabajo de Alincai *et al* (2011), quienes analizaron los ratios de pérdida de suelo en parcelas de guisante y judía verde cultivadas en laderas con un 16% de pendiente y una precipitación media anual de 608 mm. Las tasas de pérdida de suelo en ambos cultivos fue de $1,472 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $2,943 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En nuestra región es la zona de Moncalvillo la que reúne características pluviométricas y topográficas similares a las de esta región rumana; determinándose tasas de erosión superiores, de $5,387 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en guisante y de $5,525 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en judía verde.

En el grupo de hortalizas de raíz y tubérculos (zanahoria y cebolla), Ruyschaert *et al* (2006) citan el trabajo de Van Esch (2003) en Bélgica, quien estimó una tasa de erosión en zanahoria de $15,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que Belotserkovskiy y Larionov (1988), también citados por Ruyschaert *et al* (2006), obtuvieron una tasa sensiblemente

inferior, de $1,30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Los resultados de estos dos últimos autores son los más cercanos al valor medio calculado en fincas de zanahoria en La Rioja, de $0,192 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En cuanto a la erosión en fincas dedicadas al cultivo de cebolla, Mwangi *et al* (2015) obtuvieron en Tanzania una tasa de $3,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ por cosecha, magnitud 36 veces superior a la calculada en La Rioja, de $0,106 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Por otra parte, hay que tener en cuenta que el estudio de estos autores se realizó en las montañas de Usambara (Tanzania), mientras que en nuestra región la cebolla se cultiva en superficies de baja pendiente instaladas en suelos aluviales.

La tasa de erosión media en campos de girasol, $1,391 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es prácticamente similar a la calculada por Evans (2002), de $1,92 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Por otra parte, en la monografía de Boardman y Poesen (2006) se menciona un estudio llevado a cabo en Bulgaria que arrojó una tasa media de $3,59 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, magnitud 2,6 veces superior a la riojana. Otro trabajo en la región rumana de Iasi (Alincai *et al*, 2011), en girasoles cultivados en laderas de moderada pendiente, ofreció valores medios de $4,451 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En La Rioja, el único sector que cultiva girasol en topografías de igual inclinación es la zona de Calahorra, cuyas plantaciones de girasol registran una tasa media de producción de sedimentos de $3,300 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

En remolacha azucarera, Ruyschaert *et al* (2005) calcularon una tasa media de pérdida de suelos de $13,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, magnitud que sobrepasa el umbral de tolerancia de Wischmeier y Smith (1976), y que es a su vez 4,5 veces superior al valor medio obtenido por Evans (2002), de $3,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Por el contrario, los resultados de Li *et al* (2006), de $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, son los que mayor relación guardan con los obtenidos en La Rioja, $0,232 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, si bien son sensiblemente superiores. En Bélgica, Bolline (1982) midió la tasa de pérdida de suelos en laderas con 6% de pendiente, determinando un valor de $6,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; mientras que para Poesen *et al* (2001), la tasa resultó ser algo superior, de $8,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

La mayoría de los trabajos que abordan la pérdida de suelos potencial en parcelas de patata se centran, desafortunadamente, en la cantidad de sedimentos generados durante las operaciones de cosecha. En este sentido existe abundante documentación al respecto como los trabajos de Campbell (1982) en Reino Unido, los de Belotserkovskiy y Larionov (1988) en Rusia, los de Ruyschaert *et al* (2006) en Bélgica y los de Auerswald *et al* (2006) en Alemania, etc. Sin embargo, son muy escasos los estudios que analizan la pérdida de suelos anual, entre ellos el de Biesmans (2006), citado por

Boardman y Poesen (2006), quien determinó una tasa de $2,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en fincas de patata de Bélgica. Este valor es muy cercano a la tasa media estimada en patata riojana, de $2,602 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

En frutales de fruto seco y en concreto, en almendro, Estrany *et al* (2010) estudiaron mediante Cesio-137 las pérdidas de suelo en parcelas cultivadas con almendros, higueras y cereal de grano en las que no se aplica ninguna práctica de conservación. El balance final arrojó unas pérdidas entre $12,7\text{-}26,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, valores muy cercanos a los obtenidos en La Rioja, y considerados por De Alba (2002) valores superiores al máximo tolerable de pérdida de suelos. Los resultados que Van Wesemael *et al* (2006), citados por Casalí *et al* (2009), obtuvieron en una cuenca cultivada con almendros de 25 años en Murcia, con pérdidas de suelo de $26,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, son muy similares a los observados por Estrany *et al* (2010), y sin embargo, las parcelas de este sector se encuentran sometidas a laboreo convencional. Otros estudios, como los de Durán *et al* (2012), demostraron que las explotaciones de almendro con cubierta vegetal tienden a producir unas pérdidas mucho menores. Estos autores analizaron las tasas de erosión que arrojaban las diferentes prácticas con cubierta de hierbas (cebada, veza o tomillo) en una parcela con 250 árboles y un 35% de pendiente. Los resultados mostraron que, en el primer año, el laboreo con cubierta de tomillo tiende a ofrecer los menores ratios de erosión: $0,20 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ frente a los $1,46 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de las cubiertas de veza. Por otra parte, las pérdidas se incrementan en el segundo año de cultivo pasando a $0,68 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $6,81 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ respectivamente.

Como afirman García Ruiz y López Bermúdez (1999) existen muy pocos estudios acerca de los procesos erosivos en viñedos, entre los cuales destacan los llevados a cabo, por diversos autores, en la comarca del Penedès. Los primeros análisis efectuados por Usón (1998) determinaron tasas de erosión de $22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, aplicando una metodología similar a la USLE (Martínez Casanovas y Ramos, 2009). Estos valores son muy cercanos a los obtenidos por Ramos y Porta (1997), con un valor medio de $18\text{-}22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; que sin embargo, es entre 5 y 6 veces superior a la media riojana de $3,679 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

En Navarra, Casalí *et al* (2009) estimaron la pérdida de suelos en viñas sometidas a laboreo convencional, cultivadas en suelos de textura limosa, franco arcillo limosa y franco arenosa. La tasa media anual se estimó entre $25 \text{ y } 30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es decir, ratios muy superiores a los calculados en suelos de similar textura en La Rioja,

estimados entre 0,010-17,764 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Otros análisis llevados a cabo en la misma región por De Santisteban *et al* (2006) documentaron tasas de erosión entre 3,3 y 162 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Resulta llamativo que su valor mínimo sea muy cercano al valor medio calculado en La Rioja, 3,679 Mg ha⁻¹ año⁻¹, mientras que la tasa máxima supera con creces la máxima riojana de 42,573 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

Las tasas de erosión obtenidas en el noroeste de Italia por Tropeano (1983), citado por Martínez Casanovas y Ramos (2009), fueron de 47-70 Mg ha⁻¹ año⁻¹, magnitudes que sobrepasan el valor máximo detectado en viñas de La Rioja, de 42,573 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Es decir, la totalidad de explotaciones de vid de noroeste de Italia registran valores de erosión muy superiores al valor máximo establecido por Wischmeier y Smith (1978). Mucho más modestos son los ratios de pérdida de suelos obtenidos en Sicilia por Novara *et al* (2011), de 1,02 Mg ha⁻¹ año⁻¹ para un intervalo de 9 años. Por su parte, Kosmas *et al* (1997) midieron las tasas de pérdida de suelos en viñas cultivadas en el Rosellón (Francia) y en Spata (Grecia), dos áreas mediterráneas con precipitaciones anuales de 340 y 850 mm. Los valores obtenidos oscilan entre 0,67-4,6 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

En 2009, Martínez Casanovas y Ramos estudiaron los procesos erosivos en viñas por cárcavas y barrancos, determinando en un periodo de 20 años tasas de erosión neta entre 58-576 Mg ha⁻¹ año⁻¹, lo que, en palabras de los autores representa 2,78 veces la erosión producida por precipitaciones extremas en las parcelas. En un trabajo posterior, Ramos y Martínez Casanovas (2009) estudiaron la influencia de las precipitaciones individuales de carácter extremo y su contribución a la pérdida de suelos en un intervalo de 5 años. Los resultados, que reflejaron ratios de pérdida de suelos entre 4,04 y 487 Mg ha⁻¹, confirmaron que un reducido número de eventos de alta intensidad horaria es responsable del 75% de la pérdida de suelos anual.

8. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo de investigación hemos abordado la susceptibilidad a la erosión de los suelos agrícolas riojanos, intentado dar respuesta a los objetivos que planteábamos al comienzo del mismo. Algunos han sido completamente satisfechos. Por ejemplo, hemos profundizado en las características de los principales cultivos del agro riojano: se han aportado muchos datos sobre la ocupación de los cultivos, la fragmentación y heterogeneidad del espacio agrícola, sobre las características físicas (suelos, pendientes) de este espacio, sobre el manejo de los cultivos, sus ciclos estacionales y la protección que ofrecen. Uno de los objetivos fundamentales era el de identificar las áreas más sensibles a la erosión, aportando asimismo una cartografía que mostrase la localización espacial de las áreas con mayores problemas, como así se ha hecho.

El método seleccionado para ello fue la aplicación de la RUSLE, implementándola en un SIG. Se trata de una herramienta aceptada por algunos autores, denostada por otros y cuando menos bastante controvertida en su utilización,. La elección de esta herramienta se debió, en nuestro caso, a dos motivos fundamentales. El primero es que el espacio abordado presenta una gran heterogeneidad topográfica, litológica y edáfica, además de tratarse de un mosaico agrario de pequeñas parcelas, dinámico y diverso, que contempla diferentes usos del suelo y sistemas de manejo. Esta diversidad hacía aconsejable trabajar a escala regional, y no a escala de parcela, como hubiese sido deseable en un estudio sobre erosión. Es cierto que algunos de los datos tomados, especialmente los referidos a los cultivos, han sido obtenidos a una escala de mayor detalle, pero con la finalidad de integrarlos finalmente en una escala regional. Esta escala de trabajo exigía pues trabajar con modelos, entre los que se seleccionó la RUSLE. En segundo lugar, pero no menos importante, su utilización ha tenido básicamente efectos comparativos, ofreciendo tasas de erosión, que no son consideradas reales. Conscientes de las limitaciones que tiene, entre ellas el hecho de no contemplar la existencia de almacenes intermedios de sedimentos, al menos permite establecer comparaciones entre distintos ámbitos agrícolas, distintos cultivos y distintos sistemas de labranza.

La utilización de la RUSLE ha permitido obtener algunas conclusiones sobre los parámetros individuales que se manejan en ella.

1. Por lo que respecta al factor R (erosividad de las precipitaciones), la ausencia de una red meteorológica completa en nuestra región nos ha hecho acudir a otras alternativas para su consecución. Se ha seleccionado el Índice Modificado de Fournier, que permite conocer la erosividad anual pero también su distribución mensual. Los resultados han puesto de manifiesto un comportamiento diferenciado en relación al gradiente orográfico y al contraste pluviométrico entre los espacios occidentales, de carácter más oceánico y el sector oriental, de mayor influencia mediterránea. Ambas características han determinado la obtención de un valor mínimo de $40,50 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en el Eje del Ebro y uno máximo de $95,00 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en la Sierra de la Demanda. La erosividad más alta se concentra en primavera, especialmente en el mes de mayo, mientras la más baja se registra en verano y buena parte del invierno.

2. La erodibilidad del suelo (factor K) ha requerido un intenso trabajo de cartografía de suelos y generalización de las características físicas y químicas de los mismos a partir de unidades fisiográficas y litológicas. Materia orgánica, textura, estructura y permeabilidad son los factores que en mayor medida determinan la erodibilidad del suelo. Los resultados obtenidos muestran rangos de erodibilidad baja (entre $0,020- 0,040 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), con un valor medio de $0,029 \text{ T ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Solo hay algunos secos que ofrecen resultados mayores. La mayor erodibilidad se localiza en los regosoles cálcicos de textura franco limosa, pobres en materia orgánica, del sector de Los Agudos, cercana a Calahorra.

3. En lo referente a la configuración topográfica del mosaico agrario (factor LS), existe un claro predominio de los espacios de topografía suave, asociados a fondos de valle y a las estructuras tabulares de terrazas y glacis bajos más próximos a la red hídrica, que suponen el 52,9% del espacio agrícola total. Le siguen en extensión las superficies de pendiente moderada (5-10%) identificadas con terrazas y glacis medios y altos, que representan al 26,63% del espacio. Por ello, el factor topográfico (factor LS) más representado en el territorio es el correspondiente al intervalo 1-5.

4. El cálculo del factor cubierta vegetal y uso del suelo (factor C) es el que mayores dificultades de cálculo ha representado, especialmente por la complejidad de la

información a recabar. Se trata de un factor que considera la protección del suelo, tanto por la cubierta vegetal propia del cultivo como por la derivada de los cultivos anteriores, de la rugosidad del suelo, del sistema de laboreo, de la humedad y de la pedregosidad. En espacios con una agricultura tan diversa como el que estamos abordando, con un mosaico de cultivos tan complejo, las tareas para su consecución han sido muy laboriosas, pero satisfactorias.

Los resultados confirman que las prácticas de laboreo y las diferentes densidades de plantación observadas en los cultivos leñosos condicionan en gran medida el grado de protección de las cubiertas vegetales, siendo habituales valores elevados de C en leñosos en régimen extensivo y labranza mínima. De hecho, los mayores valores de C aparecen vinculados a explotaciones de almendro en régimen extensivo o semi-intensivo con laboreo mínimo, no con cubierta vegetal. Vid y olivo también suelen presentar altos valores de C. Por el contrario, en las explotaciones arbóreas en las que se maneja un sistema de agricultura de conservación, se obtienen valores inferiores, con la consecuente disminución del potencial de erosión hídrica. También ha resultado ser muy importante el contenido en elementos gruesos de la superficie del suelo de cara a la reducción de la energía de la gota de lluvia y la velocidad de la escorrentía.

5. En cuanto a las prácticas de control y de conservación de suelos (factor P), tan solo en el 22,41% de las superficies agrícolas se ha observado la adopción de dos de las medidas propuestas por Wischmeier y Smith (1978). En concreto, el 21,35% de las parcelas son labradas a contrapendiente y un escaso 0,79% del espacio agrario está abancalado y se encuentra en pleno rendimiento productivo. En estas zonas, el valor de P oscila entre 0,12 y 0,69. Sin embargo, el 77,78% de las explotaciones agrícolas que no contemplan práctica de conservación alguna, por lo que registran el valor máximo de 1. En la mayoría de los casos, el agricultor soluciona el problema de las incisiones con sucesivos pases de arado.

El resultado final de la aplicación de la USLE permite una aproximación a la erosión de cultivos específicos y, lo que es más importante desde un punto de vista geográfico, aporta una visión espacial de las áreas con mayores problemas de degradación del espacio agrícola riojano.

- Aunque serían necesarios análisis estadísticos rigurosos entre todas las variables, los parámetros que parecen mostrar una mayor relación con la erosión en el espacio agrícola riojano son la pendiente, la cobertura vegetal superficial y la densidad de plantación. Las zonas más susceptibles a la erosión son las más inmediatas al piedemonte septentrional del Sistema Ibérico y al borde meridional de la Sierra de Toloño, donde predominan los espacios de relieve accidentado. En general, las zonas ubicadas en espacios de topografía llana y suavemente ondulada presentan valores de pérdida de suelos mucho más modestos.

- A nivel regional, las pérdidas de suelo por parcela oscilan entre 0,0009 y 50,573 Mg ha⁻¹ año⁻¹, estableciéndose el valor medio en 2,369 Mg ha⁻¹ año⁻¹. En relación a la tasa de erosión media anual calculada por el ICONA (1987-2011) para el conjunto del territorio nacional (23,37 Mg ha⁻¹ año⁻¹) es casi 10 veces inferior. En rasgos generales, el 66,6% del espacio registra pérdidas de suelo bajas (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹), el 31% valores próximos al valor límite (2-12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y un 2,3% es susceptible a pérdidas de suelo muy altas (> 12 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

Las áreas con una erosión superior al umbral tolerable (> 12 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se identifican con fincas de especies leñosas en régimen de cultivo de baja densidad y labranza mínima, instaladas en laderas de pendiente superior a 15%. Por lo general, estos espacios son labrados en el sentido de la pendiente máxima.

- Por lo que respecta a los cultivos, y con independencia de otros factores como la topografía o los suelos, los espacios dedicados a remolacha azucarera registran las tasas de erosión más bajas del espacio agrícola (0,001-2 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Esto es debido a que su elevada densidad de plantación (100.000-120.000 plantas/ha) y la permanencia de la planta en la parcela entre 9 y 10 meses hasta la cosecha, lo que favorece el desarrollo de un denso estrato vegetal que protege al suelo de la degradación la mayor parte del año.

En cultivos herbáceos, las tasas de pérdida de suelo máximas, superiores al umbral de tolerancia, se han obtenido en cereal (23,834 Mg ha⁻¹ año⁻¹).

En cultivos leñosos las tasas promedio de pérdida de suelos más bajas se han obtenido en fincas en régimen de explotación de media y elevada densidad arbórea que emplean el sistema de cubiertas vegetales, como son las de peral muy intensivo (0,244 Mg ha⁻¹ año⁻¹). En cambio, los valores medios más elevados se han registrado

en explotaciones manejadas en el sistema de labranza mínima con independencia al régimen de densidad arbórea, como son las de melocotonero y nectarino semi-intensivo ($9,511 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), almendro muy intensivo ($7,379 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) o nogal intensivo ($7,729 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Las tasas de pérdida de suelo máximas, con valores muy superiores al umbral de tolerancia ($20\text{-}50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), coinciden en general con explotaciones de almendros, olivos y viñedos.

- Cuando se trata de topografías llanas o levemente inclinadas los demás factores (cubierta vegetal, suelos y práctica de labranza) influyen muy poco en el cálculo de las tasas de erosión. Por lo general, la tasa de erosión obtenida en estos espacios es baja, independientemente de la especie cultivada y de las características de los suelos. Las pendientes más desfavorables para el cultivo son aquellas que sobrepasan el 15% de inclinación, ya que suelen dar tasas de pérdida de suelos superiores al umbral de tolerancia. Además, se ha comprobado la gran efectividad de las cubiertas vegetales para suavizar las tasas de erosión, práctica ampliamente utilizada en el total de los frutales de pepita y en más de la mitad de los frutales de hueso.

Haciendo un balance del trabajo realizado, consideramos que la utilización de la RUSLE ha sido una herramienta eficaz para la consecución de nuestros objetivos. Requiere, eso sí, de un trabajo minucioso de búsqueda de información para gestionar el SIG. Esta búsqueda (cartográfica, bibliográfica y trabajo de campo) en ocasiones ha superado los objetivos inicialmente previstos, haciendo que a veces perdiésemos la perspectiva geográfica de lo que estábamos realizando, como también puede haber sucedido en la redacción del trabajo.

En cualquier caso, el aparato gráfico final, con mapas para cada uno de los factores y regiones en las que se ha dividido el estudio, con los miles de datos que aparecen en tablas y bases de datos del SIG, es una aportación geográfica que sin duda podrá ser aprovechada en el futuro para nuevos estudios sobre el espacio agrícola riojano e incluso ser utilizado en orientaciones de cara a la ordenación y gestión de este espacio (aconsejar enmiendas orgánicas del suelo para reducir la erosividad, labrar en el sentido de las curvas de nivel, introducción de cubiertas vegetales, abandono de la agricultura en zonas muy pendientes, plantaciones con mayor densidad arbórea...).

Ahora que se han establecido ya algunos comportamientos, y sobre todo ahora que se han identificado las áreas de cultivo riojanas con problemas de erosión, nos han surgido más dudas, imposibles de responder en el marco de este trabajo, y que constituyen a la vez interesantes perspectivas de trabajo en el futuro.

¿Cuál es el verdadero papel de los diferentes parámetros en la erosión de estas áreas de cultivo? Los resultados obtenidos permiten intuir comportamientos de los diferentes parámetros, como las referidas a las pendientes o a las coberturas, pero para hacer aseveraciones rotundas sobre la importancia de cada uno de los elementos será necesario realizar rigurosos análisis estadísticos multivariados. Una vez creada la base de datos, esta será una tarea que emprenderemos en el futuro.

¿Las tasas de erosión obtenidas se aproximan a la realidad? Será necesario realizar también un esfuerzo de calibración de los mismos mediante trabajo de campo y experiencias a escala de parcela. Será también interesante contrastar nuestros datos y nuestra cartografía con la surgida de la aplicación del modelo WATEM de la Universidad Católica de Lovaina, modelo muy apropiado a la erosión de las tierras agrícolas, pues reconoce la estructura del paisaje y la conectividad entre unidades y contempla como uno de los elementos fundamentales el laboreo del suelo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirrezábal, L., Orioll, G., Hernández, L., Pereyra, V., Miravé, J.P (1996). *Girasol. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento*. Unidad Integrada Balcarce, Buenos Aires, 111 p.

Alberto, F., Machín, J., Herrero, J., Arrúe, J.L., Cambra, M (1982). Los suelos pardos de costra caliza de la depresión media del Ebro: Relaciones entre la profundidad del suelo y el crecimiento y producción de frutales. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 16, 1-2, 111-130 pp.

Alincai, C., Gitareanu, C., Bucur, D., Alincai, D (2011). Water runoff and soil erosion, registered in different crops, on 16 % slope lands. *Cercetări Agronomice in Moldova*, vol XLIV, 147 (3), 25-234 pp

Almorox, J., de Antonio, R., Saa, A., Díaz, M., Gasco, J.M (1994). *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Editorial Agrícola Española, Madrid, 152 p.

Almorox, J., López Bermúdez, F., Rafaelli, S (2010). *La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación*. Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, Murcia, 384 p.

Angima, S.D., Stott, D.E., O'Neill, M.K., Ong, C.K., Weesies, G.A (2003). Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenya highland conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97, 295-308 pp.

Angulo Martínez M., Beguería, S (2009). Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). *Journal of Hydrology*, 379, 111-121 pp.

Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., Gabriels, D (2006). Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: a case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey. *Journal of Hydrology*, 328, 726-732 pp.

Arnáez Vadillo, J (1994). La Rioja Alta. *Geografía de La Rioja*. vol 3 (García Ruiz, J.M, Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, Logroño, 20-49 pp.

Arnáez Vadillo, J (1994). Montes Obarenes y Sierra de Cantabria. *Geografía de La Rioja*. vol 1 (García Ruiz, J.M, Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, Logroño, 81-84 pp.

Arnáez, J., Lasanta, T (1990). El abandono del espacio agrario y sus consecuencias erosivas en la montaña riojana. *Europa rural*, 14-15 pp.

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 pp.

Arnáez, J., Lasanta, T., Ortigosa, L., Oserin, M.A., Llorente, Ruiz Flaño, P (2009). Valoración de la producción de sedimentos en laderas con diferentes usos de suelo. *Geografía, territorio y paisaje: el estado de la cuestión: actas del XXI congreso de geógrafos españoles* (Pillet, F., Cañizares, M.C., Ruiz Pulpón, A.R., coords), 1691-1703 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Oserin, M.A (1992). Descripción y cuantificación de procesos de erosión en bancales abandonados (Sistema Ibérico, La Rioja). *Estudios Geomorfológicos de España* (López Bermúdez, F., Conesa, C., Romero Díaz, M.A., eds). Sociedad Española de Geomorfología, Murcia, 193-201 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Oserin, M.A (1993). Erosión hídrica superficial en campos abancalados del Sistema Ibérico Riojano (Valle del Leza-Jubera). *Geographicalia*, 33-44 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L (1996). Procesos de erosión y dinámica ambiental asociados a los cambios recientes en el modelo de organización del territorio: el ejemplo del Sistema Ibérico occidental (La Rioja, España). *Angewandte Physiogeographie der Tropen und Subtropen (APT), Berichte*, 17-26 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Lasanta, T., Ruiz Flaño, P., Maestro, M (2004). Escorrentía y producción de sedimentos con diferentes intensidades de precipitación en laderas cultivadas con viñedos (La Rioja, España). *Riesgos naturales y antrópicos en geomorfología* (Benito, G., Díez Herrero, A., eds.). Sociedad Española de Geomorfología, Madrid, 267-275 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Ruiz Flaño, P., Lasanta, T (2006). Distribución y caracterización del viñedo en La Rioja: influencia de la topografía y las formas del relieve, *Polígonos*, 16, 11-34 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Ruiz Flaño, P., Lasanta, T (2006). Producción de sedimentos en viñedos mediante simulación de lluvia: comparación de resultados con diferentes modelos empíricos. *Geomorfología y territorio: actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. (Pérez Alberti, A., López Bedoya, J., coords). Servicio de Publicaciones e Intercambio científico de la Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 165-175 pp.

Arnáez, J., Ortigosa, L., Ruiz Flaño, P., Llorente, J.A., Lasanta, T (2009). Modelos de distribución espacial de la erosión en laderas cultivadas con viñedos. *Avances en estudios sobre desertificación: aportaciones al Congreso Internacional sobre Desertificación en memoria del profesor John B. Thornes* (Romero, A., et al, ed). Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, 732 p.

Arnáez, J., Oserin, M.A., Ortigosa, L., Lasanta, T (2008). Cambios en la cubierta vegetal y usos del suelo en el sistema Ibérico noroccidental entre 1956 y 2001: Los Cameros (La Rioja, España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47, 195-211 pp.

Arnáez, J., Ruiz Flaño, P., Lasanta, T (1996). Comportamiento hidromorfológico de los microambientes de campos abandonados con lluvias intensas: experiencias en el

Valle de Aísa (Pirineo aragonés). *Cuadernos Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 659-669 pp.

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, 1, 115-130 pp.

Arnoldus, H.M (1978). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. *Assessment of Erosion* (De Boodst, M., Gabriels., D., eds), Wiley and sons, Chichester, 127-132 pp.

Arquero Quílez, O (2013). Diseño y ejecución de la plantación. *Manual del almendro* (Arquero Quílez, O., edr). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 29-37 pp.

Auerswald, K., Schmidt, F (1986) *Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern*. GLA-Fachberichte, Munchen 1, 74 p.

Auerswald, K., Gerl, G., Kainz, M (2006). Influence of cropping system on harvest erosion under potato. *Soil & Tillage Research*, 89, 22-34 pp.

Balaguera, H.B., Álvarez, J.G., Rodríguez, J.D (2008). Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía colombiana*, Bogotá, vol 26, 2, 246-255 pp.

Baldwin, M., Kellogg, C.E., Thorp, J (1938). *Soils and men – The Yearbook of Agriculture 1938*. U.S.D.A, U.S Government Printing Office, Washington D.C, 911-928 pp.

Barbazán, M., Ferrando, M., Zamalvide, J.P (2002). Acumulación de materia seca y nitrógeno en gramíneas anuales invernales usadas como cobertura vegetal en viñedos. *Agrociencia*, vol 6, 1, 10-19 pp.

Barco Royo, E., Navarro, M.C (2005). Transformación y cambio estructural en la D.O.CA Rioja (1983-2005). *Zubía Monográfico*, 16-17, 121-138 pp.

Baeza Trujillo, P (2001). Definición y evaluación de los sistemas de conducción del viñedo. (Gobierno de La Rioja: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, ed). *La conducción de la vid*, 9-21 pp.

Beguería, S., Vicente, S.M, López Moreno, J.I (2008). Distribución espacial y estacional de los eventos de precipitación en La Rioja. *Zubía Monográfico*, 20, 169-186 pp.

Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, M.A (1998). La cubierta vegetal en las regiones áridas y semiáridas: consecuencias de la interceptación de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos. *Norba: revista de geografía*, 10, 9-22 pp.

Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, M.A (2002). Erosión del suelo en ambiente semiárido extremo bajo diferentes tipos de litologías y suelos. *Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del tercer milenio: actas de la VI Reunión nacional de Geomorfología* (Pérez González, A., Vegas, J., Machado, M.J., coords), 315-322 pp.

Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, M.A., López Bermúdez, F (1998). Efectos sobre la cubierta vegetal, la escorrentía y la erosión del suelo, de la alternancia cultivo-abandono en parcelas experimentales. *Investigaciones geográficas*, 22, 95-110 pp.

Belotserkovsky, Y., Larionov, A (1988). Removal of soil by harvest of potatoes and root crops. *Vestnik Moskovskogo Universiteta Serii 5: Geografia*, 4, 49-54 pp.

Bergkamp., C., Cerdà., A., Imeson., A.C (1999). Magnitude-frequency analysis of water redistribution along a climate gradient in Spain. *Catena*, 129-146 pp.

Bergsma, E. (1980). Provisional rain erosivity map of the Netherlands. *Assessment of Erosion* (De Boodst, M., Gabriels., D., eds), Wiley and sons, Chichester, 121-126 pp.

Bienes, R., Marqués, M.J., Ruiz Colmenero, M (2012). Cultivos herbáceos, viñedos y olivares: el manejo tradicional del suelo y sus consecuencias en la erosión hídrica. *Cuadernos de investigación geográfica*, 38, 49-74 pp.

Bienes, R., Moscoso del Prado, J., Del Olmo, A., Rodríguez, C (1996). Pérdida de suelo por erosión hídrica en un suelo agrícola de la zona centro de España provocada por una tormenta de corta duración. *Ecología*, 10, 71-77 pp.

Blasco, C.M (1996). *Cultivo de la remolacha azucarera de siembra primaveral*. Ebro Agrícolas, Departamento Agronómico, 114 p.

Boellstorff, D., Benito, G (2005). Impacts of set-aside policy on the risk of soil erosion in central Spain Agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107, 231-243 pp.

Bonodad Gascón, S., Sala Galán, J (1973). *El ciruelo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 28 p.

Boixadera, J., Ramos. M.C., Martínez Casasnovas. J.A, Porta, J (2003). Suelos de viña del Alt Penedès-Anoia: características y procesos de degradación por manejo y erosión hídrica. *Els paisatges de la vinya*. Publicacions del Centre d'Estudis del Bages, Manresa, 287-294 pp.

Bolline, A., Laurant, A., Rousseau, P., Rawels, J., Gabrields, D., Aeltherman, J (1980). Splash measurements in the fields. *Assessment of Erosion* (De Boodst, M., Gabriels., D., eds), Wiley and sons, Chichester, 441-453 pp.

Borrelli, P., Schütt, B (2013). Assessment of soil erosion sensitivity and post-timber-harvesting erosion response in a mountain environment of Central Italy. *Geomorphology*, 204, 412-424 pp.

Borrelli, P., Märker, M., Panagos, P., Schütt, B (2014). Modeling soil erosion and river sedimentation yield for an intermountain drainage basin of the Central Apennines, Italy. *Catena*, 114, 45-58 pp.

Bosco, C., Montanarella, L., Rusco, E., Oliveri, S., Panagos, P (2008). *Soil erosion in the Alps*. Office of Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Campbell, D.J (1982). A review of the clod problem in potato production. *J. Agric. Eng. Res.* 27, 373–395 pp.

Características agronómicas de las zonas frutícolas del Valle del Iregua. Martínez Villar, E., coord. (1995). Consejería de Agricultura y Alimentación, Logroño, 205 p

Cárceles Rodríguez, B., Francia Martínez, J.R, Martínez Raya, A (2009). Impacto en el medio ambiente del cultivo de almendros en fuertes pendientes con dos cubiertas vegetales: Matorral y leguminosa. *Avances en estudios sobre desertificación: aportaciones al Congreso Internacional sobre Desertificación en memoria del profesor John B. Thornes*. (Romero Díaz, M.A., Belmonte Serrato, F, Sarria F.A, López Bermúdez, F., coords), Murcia, 191-194 pp.

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 pp.

Casalí, J., Giménez, R., de Santisteban, L., Campo, M.A, Álvarez Mozos, J., Goñi, M., Gastesi, R (2009). Estado actual del conocimiento sobre la erosión por flujos concentrados en Navarra. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (1), 63-85 pp.

Casas Sainz, A.M., Gil Imaz, A., Muñoz Jiménez, A (1994). *Guía geológica de los valles del Alhama y Linares*. Geoforma Ediciones, Logroño, 102 p.

Casas Sainz, A.M., Gil Imaz, A., Muñoz Jiménez, A (1995). *Guía geológica de los valles del Leza y Jubera*. Geoforma Ediciones, Logroño, 107 p.

Casas Sainz, A.M., Gil Imaz, A., Muñoz Jiménez, A (1998). *Guía geológica del valle del Iregua*. Geoforma Ediciones, Logroño, 109 p.

Casas Sainz, A.M., Gil Imaz, A., Muñoz Jiménez, A (2001). La Rioja: Geología y paisaje. *Zubía Monográfico*, 13, 11-40 pp.

Casas Sainz, A.M, Muñoz Jiménez, A (1993). *Guía geológica del Valle del Cidacos*. Geoforma Ediciones, Logroño, 84 p.

Casasnoves Marín, D (1997). Semillas para el cultivo de alcachofa. *Horticultura*, 124, 69-72 pp.

Cerdà i Bolinches, A (1997). Influencia de la litología en los procesos de erosión en badlands. Los casos de Anna (Valencia) y Petrer (Alicante). *Pirineos*, 149-150, 3-20 pp.

Cerdà i Bolinches, A (1997). Soil erosion after land abandonment in a semiarid environment of Southeastern Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 11, 163-176 pp.

Cerdà i Bolinches, A (1998). The influence of geomorphological position and vegetation cover on the erosional and hydrological processes on a Mediterranean hillslope. *Hydrological Processes*, 12, 661-671 pp.

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 pp.

Cerdà i Bolinches, A (2005). El matorral como protector del suelo. Estación experimental de El Teularet-Sierra de Enguera, Valencia. *Control de la degradación de los suelos*, (Jiménez Ballesta. R. , Álvarez González, A.M., coords), 1, 63-68 pp.

Cerdà i Bolinches, A (2006). Influencia de la longitud de la ladera sobre la pérdida por erosión hídrica de suelo y agua. Contribución de la estación experimental para el estudio de la erosión del suelo de El Taularet-Sierra de Enguera. (Pérez Alberti, A., López Bedoya, J., eds). *Geomorfología y territorio*, 177-188 pp.

Cerdà, A., Bodí, M.B (2008). Erosión hídrica del suelo en el territorio valenciano. *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Universidad de Valencia, Valencia, 51-75 pp.

Cerdà, A., García Fayos. P (1994). Relaciones entre la pérdida de agua, suelos y semillas en zonas acaravadas: influencia de la pendiente. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 20-21, 47-64 pp.

Cerdà, A., Lasanta, T (2005). Manejo agrícola y erosión hídrica en suelos cultivados del Pirineo Central: información de la Estación Experimental "Valle de Aísa". *Control de la degradación de suelos* (Jiménez Ballesta. R., Álvarez González, A.M., coords) 1, 241-245 pp.

Chevigny, E., Quiquerez, A., Petit, Ch., Curmi, P (2014). Lithology, landscape structure and management practice changes: Key factors patterning vineyard soil erosion at metre-scale spatial resolution. *Catena*, 121, 354-364 pp.

CORINE-CEC (1992). *CORINE soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community*, Luxembourg, 97 pp.

Cuadrat Prats, J.M (1994). El clima. *Geografía de La Rioja*, vol 1 (García Ruiz, J.M, Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, Logroño, 129-168 pp.

Cuadros, S., Martínez, A., Francia, J.R (2003). Cultivos frutales de secano en fuertes pendientes: aspectos erosivos. *Congreso Forestal Español*, vol 3, 39-44 pp,

De Alba Alonso, S (2000). Campos agrícolas de Castilla-la Mancha: degradación del suelo por erosión. *Medio ambiente Castilla-La Mancha*, 5, 29-32 pp.

De Alba Alonso, S (2002). Erosión hídrica en campos de agricultura extensiva. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 13, 183-190 pp.

De Alba Alonso, S (2002). Implicaciones geomorfológicas de la redistribución y erosión del suelo por el laboreo (Tillage erosion). *Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del tercer milenio: actas de la VI Reunión nacional de Geomorfología*. (Pérez González, A., Vegas, J., Machado, M.J., coords), 219-226 pp.

De Alba Alonso, S (2008). Redistribución y erosión mecánica del suelo por las operaciones de labranza: tillage erosion. *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Universidad de Valencia, Valencia, 149-182 pp.

De Alba, S., Alcázar Torralba, M., Cermeño Martín, F.I., Barbero Abolafio, F (2011). Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. *Agricultura Ecológica*, 1, 13-38 pp.

De Alba, S., Benito, G, Lacasta, C., Pérez-González, A (2003). Erosión hídrica en campos de agricultura extensiva de clima mediterráneo. Influencia del manejo del suelo en Castilla-La Mancha. *Edafología*, 10, 103-113 pp.

De Alba, S., Benito, G., Pérez González, A (1998). Erosión de suelo en episodios de lluvia de elevada intensidad versus episodios de moderada y baja intensidad y elevada frecuencia en ambientes semiáridos. *Investigaciones recientes de la Geomorfología española* (Gómez-Ortiz, A., Salvador, F., Schulte, L., García Navarro, A., eds.). Sociedad Española de Geomorfología, Granada, 483-491 pp.

De Alba, S., Hontoria, K., Almorox, J., Torri, D (2005). Influencia de los sistemas de manejo sobre los efectos erosivos de episodios extremos de lluvia (Proyecto MANERO). *Control de la Degradación de los Suelos* (Jiménez Ballesta, R., A.M. Álvarez González, A.M., eds), Madrid, 253-258 pp.

De Juan Valero, J.A., Ortega Álvarez, J.F., Tarjuelo Martín-Benito, J.M (2003). *Sistemas de cultivo: evaluación de itinerarios técnicos*. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Mundi Prensa, Madrid, 835 p.

De la Puerta Castelló, C (2005). Olivicultura. *Prontuario de Agricultura*. (Mateo Box, J.M., coord). Mundi Prensa, Madrid, 917-927 pp.

De Luis, M., González Hidalgo, J.C., Raventós, J., Sánchez, J.R., Cortina, J (1997). Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana. *Cuaternario y Geomorfología*, 11 (3-4), 33-44 pp.

Del Pozo Grijalba, M., Lasanta, T (1992). La especialización agrícola en la gestión actual del espacio. El ejemplo de la comarca de Santo Domingo (La Rioja). *Berceo*, 122, 107-116 pp.

De Santisteban, L.M., Casalí, J., López, J.J (2006). Assessing 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 pp.

Diéguez, A., Lado, M., Taboada, M.M (1998). Relación entre índices de rugosidad: resultados de dos años de experiencias. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular*, 141-155 pp.

Diéguez, A., Lado, M., Taboada, M.M (1999). Relación entre índices de rugosidad: tortuosidad, pendiente límite, distancia límite y rugosidad aleatoria. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular*, 151-164 pp.

Díez, Ch (2001). Peras de Rincón de Soto, de rancio abolengo. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 19, 4-9 pp.

Dokuchaev, V.V (1883). Russian Chernozem. *Selected works of V.V. Dokuchaev*. Israel Program for Scientific Translations Ltd (for USDA-NSF), S. Monson, Jerusalem, 1967. (Translated from Russian into English by N. Kaner).

Durán Zuazo, V.H., Francia Martínez, J.R., García Tejero, I., Arroyo, L., Martínez Raya, A (2012). Mitigación de la erosión de suelos en plantaciones de almendro por cubiertas vegetales: implicaciones para la agricultura sostenible de montaña (SE España). *Comunicata Scientiae*, 3 (2), 123-129 pp.

Duval, Y (1988). Pour reduire la tare, connaitre et observer les sols. *Le Betteravier Francais*, 531, 27-29 pp.

Edwards, J., Hertel, K (2011). *Canola growth and developement*. Department of Primary Industries, State of New South Wales, Australia, 96 p.

Efectos geomorfológicos del abandono de tierras (1994). García Ruíz, J.M., Lasanta, T (eds). Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza, 170 p.

El Aroussi, O., Mesrar, L., El Garouani, A., Lahrach, A., Beaabidate, L., Akdim, B., Jabrane, R (2011). Predicting the potential anual soil loss equation (RUSLE) in the Oued El Malleh catchment (Prerif, Morocco). *Present environment and sustainable development*, vol 5, 2, 5-16 pp.

Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P., Romero, M.A (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía*, 53-54, 77-88 pp.

Estrany, J., García, C., Walling, D.E (2010). An investigation of soil erosion and redistribution in a Mediterranean lowland agricultural catchment using caesium-137. *International Journal of Sediment Research*, 25, 1-16 pp.

ESYRCE (2012). *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos: Análisis de las plantaciones de viñedo en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 32 p.

Evans, R (2002). An alternative way to assess water erosion of cultivated landfield based measurements and analysis of some results. *Applied Geography* 22 (2), 187-207 pp.

Ezquerro Herreros, F., Fernández de Pablo, L., Gil-Albarellos Marcos, C., López Ubis, E., Rodríguez Santolaya, F (2014). *Normas Técnicas de Producción Integrada: Frutales de hueso (melocotonero, nectarina, cerezo, ciruelo y albaricoque)*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 35 p.

Ezquerro Herreros, F., Fernández de Pablo, L., Gil-Albarellos Marcos, C., López Ubis, E., Rodríguez Santolaya, F (2014). *Normas Técnicas de Producción Integrada: Frutales de pepita*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 32 p.

FAO (1967). *La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en tierras de cultivo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 7, Roma.

FAO (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.

FAO (1984). *Directrices para el control de la degradación de los suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO (1993). *Erosión de suelos en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Santiago de Chile.

FAO (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 99 p.

Fernández, J.I., Martínez, M., Díez, Ch (2006). Almendra riojana, en tránsito del pasado al futuro. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 35, 4-11 pp.

Fernández Alcázar, J.L (2011). Costes de cultivo en viñedo. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 46, 4-13 pp.

Fernández Alcázar, J.L (2012). Costes de cultivo en patata. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 50, 14-18 pp.

Fitz Patrick, E.A (1992). *Suelos. Su formación, clasificación y distribución*. Compañía Editorial Continental, México, 430 p.

Fleesa, H., Beese, F (1995). *Effects of Sugarbeet Residues on Soil Redox Potential and Nitrous Oxide Emission*. Soil Science Society of America Journal, 59, 1044-1051 pp.

Fournier, F (1960). *Climat et Erosion*. París, Presses Universitaires de France, 204 p.

Francia Martínez, J.R., Martínez Raya, A., Ruiz Gutiérrez, S (2000). Erosión en suelos de olivar en fuertes pendientes. Comportamiento de distintos manejos de suelo. *Edafología*, vol 7-2, 147-155 pp.

Francis, C (1984). Hydrological investigations of soils in relation to gully head development in South East Spain. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, 55-64 pp.

Fu, B.J., Zhao, W.W., Chen, L.D., Zhang, Q.J., Lü, Y.H., Gulinck, H., Poesen, J (2004). Assesment if soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: A case study in the Loess Plateau of China. *Land Degradation and Development*, 16, 73-85 pp.

Gabriels, D., Cadron, W., De Mey, P (1986). *Provisional rain erosivity map of some EC countries*. Workshop on Erosion Assessment and Modelling, Brussels.

Galant Parra, J., Aguilar Rodríguez, A., Gamayo Díaz, J.D., Rodríguez Morán, J.M (2009). El haba Muchamiel. *Horticultura Internacional*, 70, 32-33 pp.

Gallart i Gallego, F (2009). Algunos criterios topográficos para identificar el origen antrópico de cárcavas. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (2), 215-221 pp.

Gan, Y.T., Campbell, C.A., Lemke, R., Liu, L.P., Basnvat, P., McDonald, C.L (2009). Root mass for oilseed and pulse crops: Growth and distribution in the soil profile. *Canadian Journal of Plant Science*, 89, 883-893 pp

García, R., Fernández, J.I., Díez, Ch (2001). El sector oleicultor riojano vive un momento de recuperación con nuevas plantaciones, trujales renovados e iniciativas privadas. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, Logroño, 20, 4-11 pp.

García-Escudero Domínguez, E (2009). Sobre el terreno: riego, fertilización y técnicas de mantenimiento del suelo. *La Rioja, sus viñas y su vino*, Gobierno de La Rioja, Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 111-128 pp.

García Rodríguez, J.L., Giménez Suárez, M.C (2011). Metodología para la estimación del factor topográfico, LS, de los modelos RUSLE y USPED bajo entorno SIG. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 32, 95-101 pp.

García Ruiz, J.M (1994). Caracteres generales del relieve. *Geografía de La Rioja*. vol 1 (García Ruiz, J.M, Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, Logroño, 35-49 pp.

García Ruiz, J.M (2007). Los paisajes. *Naturaleza de La Rioja*. 9-14 pp.

García Ruiz, J.M (2010). The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*, 81, 1-11 pp.

García Ruiz, J.M., Arnáez Vadillo, J (1984). Tipos de escorrentía y ritmo de evacuación de sedimentos en la Sierra de la Demanda. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, 17-28 pp.

García-Ruiz, J.M., Lasanta, T., Alberto, F (1997). Soil erosion by piping in irrigated fields. *Geomorphology*, 20, 269-278 pp.

García-Ruiz, J.M., Lasanta, T., Ortigosa, L., Ruiz-Flaño, P., Martí, C., González, C (1995). Sediment yield under different land uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 15 (3), 229-240 pp.

García Ruiz, J.M., López Bermúdez, F (2009). *La erosión del suelo en España*. Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza, 441 p.

García Ruiz, J.M., Martín-Ranz, C (1994). Los ríos. *Geografía de La Rioja*. vol 1 (García Ruiz, J.M, Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, Logroño, 217-234 pp.

García Ruiz, J.M., Nadal, E., Lana-Renault, N., Beguería, S (2010). Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges. *Geomorphology*, 198, 20-36 pp.

García Ruiz, J.M., Ruiz Flaño, P (1990). Incisiones (rills) en campos abandonados: primeras observaciones sobre la capacidad de transporte de sedimentos. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 16, 109-122 pp.

García Santamaría, T (2003). *Cambios y transformaciones en el sistema agrario riojano a finales del siglo XX*. Universidad de La Rioja, Tesis Doctoral, 686 p.

Giambanco de Ena, H (1998). *Manipulación de la judía verde*. Horticultura internacional, 20, 66-72 pp.

Gil Albarellos, C., Monfort, E., López Ubis, E., Fernández de Pablo, L., Gómez Pérez, N (2013). *Normas técnicas de producción integrada: Alcachofa*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 14 p.

Gil Albarellos, C., Monfort, E., López Ubis, E., Fernández de Pablo, L., Gómez Pérez, N (2013). *Normas técnicas de producción integrada: Patata*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 15 p.

Gil Albarellos, C., Monfort Lázaro, E., López Ubis, E., Fernández de Pablo, L., Gómez Pérez, N., Rodríguez Santolalla, F (2014). *Normas técnicas de producción integrada: Remolacha azucarera*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 50 p.

Gil Albarellos, C., Monfort Lázaro, E., López Ubis, E., Fernández de Pablo, L., Gómez Pérez, N., Rodríguez Santolalla, F (2014). *Normas técnicas de producción integrada: Zanahoria*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 17 p.

Gil Albarellos, C., Rodríguez Santolalla, F., Rodríguez Nogales, P.J (2009). *Normas técnicas de producción integrada: Judía verde*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño, 17 p.

Gil-Albert Velarde, F (1991). *Tratado de arboricultura frutal, vol 1: Morfología y fisiología del árbol frutal*, Mundi Prensa, 102 pp.

Gil-Albert Velarde, F (1991). *Tratado de arboricultura frutal, vol 3: Técnicas de plantación de especies frutales*, Mundi Prensa, 143 pp.

Gil-Albert Velarde, F (1991). *Tratado de arboricultura frutal, vol 4: Técnicas de mantenimiento del suelo en plantaciones frutales*, Mundi Prensa, 119 pp.

Gil-Albert Velarde, F (1991). *Tratado de arboricultura frutal, vol 5: Poda de frutales*. Mundi Prensa, 219 pp.

Gil Ortega, R (2001). Alcachofa. *La horticultura española*. (Nuez, F., Llacer, G., eds.). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, 90-92 pp.

Giménez Díaz, R., Casalí, J., Chahor, Y (2012). Herramientas informáticas de gestión de terrenos agrarios: potencialidades del modelo AnnAGNPS en Navarra. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 38 (2), 107-122 pp.

Giménez Suárez, M.C (2008). Metodología de cálculo del factor topográfico, LS, integrado en los modelos RUSLE y USPED. Aplicación al Arroyo del Lugar, Guadalajara (España). Universidad Politécnica de Madrid, Tesis Doctoral, 646 p.

Giráldez, J.V., Laguna, A., González, P (1989). Soil conservation under minimum tillage techniques in mediterranean dry farming. *Soil erosion protection measures in Europe. Soil Technology Series*, (Schwertmaan, U., Rickson, J.R., Auerswald, K., eds), 139-148 pp.

Gobarah, M.E., Meeki, B.B (2005). Influence of boron application on yield and juice quality of some sugar beet cultivars grown under saline soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research* 1(5): 373-379, 2005

Gómez, J.A (2008). Erosión en el olivar andaluz. *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Universidad de Valencia, Valencia, 183-208 pp.

Gómez, J.A., Battany, M., Renschler, C.S., Fereres, E (2003). Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. *Soil Use and Management*, 19, 127-134 pp.

Gómez, J.A., Romero, P., Giráldez, J.V., Fereres, E (2004). Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management. *Soil Use and Management*, 20, 426-431 pp.

Gómez-Arnau, J (1988). *El cultivo del girasol*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 31 p.

Gómez del Campo, M (2011). Intensificación del olivar: incidencia en la producción y en la calidad. *Jornada Técnica sobre aplicación práctica del Seguro con Coberturas Crecientes en el Olivar y Viñedo*, Madrid.

Gómez Pérez, N., Etxaleku, N., Martínez Vidaurre, J.M., Pavón, F (2006). Aldeanueva de Ebro, tierra de contrastes. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 36, 29-33 pp.

González Hidalgo, J.C (1996). Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo. *Cuadernos Técnicos de la SEG*, 10, Geoforma, Logroño, 37 pp.

González Hidalgo, J.C., Peña Monné, J.L, de Luis Arrillaga, M (2005). Los eventos extremos de precipitación, la variabilidad del clima y la erosión del suelo: reflexiones ante el cambio del clima en los sistemas mediterráneos. *Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario*, vol. 19, 1-2, 49-62 pp.

González Sánchez, E.J., Gómez Ariza, M., Rodríguez Lizana, A., Alcántara Braña, C (2007). El sistema de cubierta en el olivar andaluz. Tipos y manejo. *Cubiertas vegetales en olivar*. (Rodríguez Lizana, A., Ordoñez Fernández, R., Gil Ribes, J., coords). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 17-31 pp.

Gonzalo Moreno, A.N (1981). *El relieve de La Rioja: análisis de geomorfología estructural*. Servicio de Cultura de la Excma. Diputación Provincial, Logroño, 508 p.

Gracia López, C (2003). Mecanización del cultivo de guisante verde. *Horticultura*, 173, 52-61 pp.

Guerrero García, A (1990). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi Prensa, Madrid, 751 p.

Hickman, J.S., Schoenberger, D.L (1989). *Estimating soybean and sunflower residue*, Cooperative Extension, Service of Kansas State University. <http://www.ksre.k-state.edu/bookstore/pubs/L783.pdf>.

Hudson, N (1982). *Conservación del suelo*. Editorial Reverté, Barcelona, 352 p.

Ibáñez, S., Pérez, J.L., Peregrina, F., Chavarri, J.B., García-Escudero, E (2011). Cubierta vegetal en viñedo. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, Logroño, nº47, 30-35 pp.

Ibáñez, S., Pérez, J.L., Peregrina, F (2011). La cubierta vegetal como sistema alternativo de mantenimiento de los suelos de viñedo en la D.O.Ca Rioja. *Zubía*, 29, 133-148 pp.

ICONA (1982). *Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. Proyecto LUCDEME, 26, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

ICONA (1988). *Agresividad de la lluvia en España: valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo*. Servicio de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 39 p + 8 mapas.

ICONA (1987-2011). *Mapas de estados erosivos*. Instituto Nacional para la conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación. Madrid.

Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012. Murcia (2002). Dirección General de Conservación de la Naturaleza, D.L, Madrid.

Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012. La Rioja (2004). Dirección General de Conservación de la Naturaleza, D.L, Madrid.

Japón Quintero, J (1977). *La lechuga*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 14 p.

Japón Quintero, J (1986). *Cultivo del brócoli y la col de Bruselas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 20 p.

Jordán, A., Bellinfante, N. (2000). Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz). *Edafología*, 7 (3), 83-92 pp.

Julián Andrés, A., Peña Monné, J.L (2007). Las acumulaciones cuaternarias en el sector occidental de la Depresión del Ebro. *Espacios naturales y paisajes en La Rioja*. (Arnáez Vadillo, J., García Ruiz, J.M., coords), 63-72 pp.

Jurasic, A., Kisic, I., Basic, F., Zgorelec, Z., Matotek, S (2011). Soil losses and soil degradation processes caused by harvest of sugar beet. *Novénytermelés Crop Production*, 60, 255-158 pp.

Kosmas, D., Danalatos, N., Kammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, H., Marques, H., Martínez Fernández, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., 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 pp.

Kouli, M., Panteli, S., Vallianatos, F (2008). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental Geology*, 57 (3), 483-497 pp.

La coliflor, a examen (2001). Gobierno de La Rioja (ed). Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de La Rioja, 17, 5-11 pp.

Lafarga Añal, A., Goñi Repodas, J., Eslava Lecumberri, V (2009). *Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), 44 p.

Lal, R (1994). *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society and St. Lucie Press, Ankeny, Iowa.

La Roca, N (1984). La erosión por arroyada en una estación experimental (Requena, Valencia). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, Logroño, 10, 85-98 pp.

Lasanta Martínez, T (1984). Experiencias de infiltración en viñedos de La Rioja. *Actas del I Coloquio sobre Geografía de La Rioja: Geografía física*, vol 1, 81-92 pp.

Lasanta Martínez, T (1985). *Aportación al estudio de la erosión hídrica en campos cultivados de la Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 152 p.

Lasanta Martínez, T (1989). Dinámica reciente del paisaje agrario en el bajo Iregua. *Cuadernos de investigación geográfica*, 15, 109-124 pp.

Lasanta Martínez, T (1989). Distribución espacial y utilización de las laderas abancaladas en el Pirineo aragonés: valles de Broto y Bestué. *Lucas Mallada: revista de ciencias*, 1, 81-102 pp.

Lasanta Martínez, T (2003). Gestión agrícola y erosión del suelo en la cuenca del Ebro: Estado de la cuestión. *Zubía*, 21, 71-96 pp.

Lasanta Martínez, T (2009). Cambios de función en los regadíos de la cuenca del Ebro: un análisis del papel de los regadíos a lo largo del tiempo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 50, 81-110 pp.

Lasanta Martínez, T (2010). Evolución regional y dinámica del paisaje en La Rioja (1950-2010). *Zubía*, 28, 49-88 pp.

Lasanta, T., Alberto, F., García Ruiz, J.M (1994). Pérdida de sedimentos por sufosión en campos de regadío. *Geomorfología en España: III Reunión de geomorfología, Logroño* (Gómez Villar, A., García Ruiz, J.M., Arnáez, J, coords), 2, 267-276 pp.

Lasanta, T., García Ruiz, J.M.; Pérez Rontomé, M.C., Sancho, C (2000). Runoff and sediment yield in a semiarid environment: the effect of land management after farmland abandonment. *Catena*, 38 (4), 265-278 pp.

Lasanta, T., Gómez Villar, A (1988). La patata en La Rioja Alta. *El campo: boletín de información agraria*, 110, 29-30 pp.

Lasanta, T., Nogues, D (2001). Evolución de los usos agrícolas del suelo en el Bajo Iregua: su influencia en la homogeneización del paisaje agrario. *Zubía*, 13, 211-226 pp.

Lasanta, T., Pérez Rontomé, M.C., Machín, J., Navas, A., Mosch, W., Maestro, M (2001). La exportación de solutos en un polígono de regadío de Bardenas (Zaragoza). *Cuaternario y Geomorfología*, 15 (3-4), 51-66 pp.

Lasanta, T., 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 pp.

Lasanta, T., Vicente, S.M (2008). Los estudios sobre el clima de La Rioja en el contexto de la climatología actual. *Zubía*, 20, 7-20 pp.

Lenzi, A., Baldi, A., Tesi, R (2014). Artichoke (*Cynara scolymus* L.) as cash-cover crop in an organic vegetable system. *Acta agriculturae Slovenica*, 105, 53-60 pp.

Li Y., Ruyschaert G., Poesen J., Zhang Q.W., Bai L.B., Li L., Sun L.F (2006). Soil losses due to potato and sugar beet harvesting in NE China. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1003-1016 pp.

Lianes, E., Marchamalo, M., Roldán, M (2008). Evaluación del factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río Birris, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 33, 217-235 pp.

Llanos Company, M (1998). Coliflores y bróculis. *Vida rural*, 72, 90-96 pp.

Llanos Company, M (1998). Cultivo y nuevas variedades de tomate de industria. *Vida rural*, 78, 60-64 pp.

Llanos Company, M (1998). El cultivo de judías verdes en España. *Vida rural*, 74, 86-89 pp.

López Bellido, L (2002). *Cultivos industriales*. Mundi-Prensa, Madrid, 1071 p.

López Bellido, L (2008). Sostenibilidad de los sistemas agrícolas mediterráneos. *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Universidad de Valencia, Valencia, 83-125 pp.

López Bermúdez, F (1985). La erosión hídrica de los suelos en el dominio mediterráneo español. Percepción y diagnóstico geográfico. *Cuadernos de Geografía*, 4-5, 7-26 pp.

López Bermúdez, F (1989). Evaluación de la erosión hídrica en las áreas receptoras de los embalses de la Cuenca del Segura. Aplicación de la U.S.L.E. *Estudios sobre geomorfología del Sur de España* (López Bermúdez, F., Thornes, J.B., coords), 93-100 pp.

López Bermúdez, F (1994). Degradación del suelo ¿fatalidad climática o mala gestión humana?: hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo. *Papeles de geografía*, 20, 49-64 pp.

López Bermúdez, F (2002). *Erosión y desertificación. Heridas de la Tierra*. Editorial Nivola, Tres Cantos (Madrid), 189 p.

López Bermúdez, F., Belmonte, F., Romero Díez, M.A (1996). Volumen y variabilidad espacial de la lluvia traslocada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido. *Ecología*, 10, 95-104 pp.

López Bermúdez, F., Conesa García, C., Alonso Sarría, F., Belmonte Serrato, F (2000). La cuenca experimental de Rambla Salada (Murcia). Investigaciones hidrogeomorfológicas. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 26, 95-112 pp.

López Bermúdez, F., García-Ruiz, J.M (2008). La degradación del suelo por erosión hídrica en España. *Erosión y degradación del suelo agrícola en España* (Cerdà, A., ed), Universidad de Valencia, Valencia, 11-49 pp.

López Bermúdez, F., Romero Díez, M.A (1992). Génesis y consecuencias erosivas de las lluvias de alta intensidad en la región mediterránea. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 18-19, 7-28 pp.

López Bermúdez, F., Romero Díez, M.A (1998). Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de geografía*, 28, 77-90 pp.

López Bermúdez, F, Thornes, J.B., Ruiz García, A., Fisher G.C., Romero, M.A., Francis, C (1984). Erosión y ecología en la España semiárida (Cuenca de Mula, Murcia). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, 113-126 pp.

López-Fando, C., de Alba, S., Pérez González, A (1994). Erosión hídrica en sistemas agrícolas: diseño experimental y resultados preliminares. *Geomorfología en España: III Reunión de geomorfología*, (Gómez-Villar, A., García Ruiz, J.M., Arnáez, J., coords), 1, 55-68 pp.

López Vicente, M (2007). *Erosión y distribución del suelo en agroecosistemas mediterráneos. Modelización predictiva mediante SIG y validación con Cs-137 (Cuenca de Estaña, Pirineo Central)*. Universidad de Zaragoza, Tesis Doctoral, 212 p.

López Vicente, M., Lana-Renault, N., García-Ruiz, J.M., Navas, A (2011). Assessing the potential effect of different land cover management practices on sediment yield from an abandoned farmland catchment in the Spanish Pyrenees. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 1440-1445 pp.

López Vicente, M., Navas, A (2009). Predicting soil erosion with RUSLE in Mediterranean agricultural systems at catchment scale. *Soil Science*, 174 (5), 272-282 pp.

López Vicente, M., Navas, A., Machín, J (2006). Variaciones espaciales del factor de erodibilidad K (RUSLE) en una cuenca con dolinas de colapso en el Pirineo oscense. *Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. (Pérez Alberti, A., López Bedoya, J, eds). Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 201-211 pp.

López Vicente, M., Navas, A., Machín, J., Gaspar, L (2006). Modelización de la pérdida de suelo en una cuenca endorreica del Pirineo oscense. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 32, 29-42 pp.

Lozano, B., Corral, L.E., Parras, L (2005). Efecto de la erosionabilidad y de las prácticas de cultivo en la estimación del riesgo por erosión hídrica en el Parque Natural Sierra de Cardaña y Montoro. *Control de la degradación de suelos* (Jiménez Ballesta. R., Álvarez González, A.M., coords), 1, 299-303 pp.

Magallanes, J.L., Marina, J., de Ron, A.M (1999). Variedades comerciales de guisante. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 802, 392-394 pp.

Maiso, E., Lasanta, T (1990). El espacio agrario en el valle del Linares: características y utilización reciente. *Berceo*, 118-119, 53-62 pp.

Mannaerts (1999). *Factores de erosión*. Módulo 11: Degradación de suelos. ITC. Curso de Postgrado en levantamiento de recursos hídricos, Cochabamba (Bolivia).

Marcinkeviciene, A., Velicka, R., Raudonius, R., Kosteckas, R (2013). The relationship between root biomass and productivity of spring oilseed rape (*Brassica napus*L.) as influenced by crop density and fertilization. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol 100, 1, 39-44 pp.

Maroto Borrego, J.V (2001). El cultivo de la alcachofa, nuevas tecnologías productivas. *Revista Vida Rural*, 125, 50-52 pp.

Martín Fernández, L., Martínez Nuñez, M (2012). El Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Informe de resultados y estado de avance en 2011. *Ecología*, 24, 151-162 pp.

Martínez, M (2009). Cereales: Pasado, presente y futuro. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 42, 4-13 pp.

Martínez, M (2013). La sequía marca el año agrícola 2011-2012. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 51, 20-21 pp.

Martínez, M (2014). Análisis de una campaña excepcional y costes de cultivo de trigo. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 53, 12-17 pp.

Martínez Casasnovas, J.A., Ramos, M.C (2006). The cost of soil erosion in vineyard fields in the Penede`s-Anoia Region (NE Spain). *Catena*, 68, 194-199 pp.

Martínez Casasnovas, J.A., Ramos, M.C (2007). Soil loss and soil water content affected by land levelling in Penedès vineyards, NE Spain. *Catena*, 71, 210-217 pp.

Martínez Casasnovas, J.A., Ramos. M.C (2009). Erosión por cárcavas y barrancos en el área de viña del Alt Penedès-Anoia (NE España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (2), 223-238 pp.

Martínez Casanovas J.A, Ramos M.C., Ribes Dasi, M (2005). On-site effects of concentrated flow erosion in vineyard fields: some economic implications. *Catena*, 60, 129-146 pp.

Martínez Casanovas, J.A., Sánchez Bosch, I (2001). 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 pp.

Martínez Cortés, J. V (1982). Alcachofas. *Horticultura*, 82, 26-33 pp.

Martínez de Toda Fernández, F (1991). *Biología de la vid: fundamentos biológicos de la viticultura*. Mundi-Prensa, Madrid, 346 p.

Martínez de Toda Fernández, F (2009). Anatomía de la vid: morfología, ciclo vegetativo y variedades. *La Rioja, sus viñas y su vino*, Gobierno de La Rioja, Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 81-98 pp.

Martínez Vidaurre, J.M., Arpón, L., Quintanar, A.B (2003). Mapa de suelos de Uruñuela. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 25, 34-39 pp.

Martínez Villar, E., Andrades Rodríguez, M.S (1993). Aptitud de La Rioja para el cultivo de frutales desde el punto de vista agroclimático (primera parte). *Fruticultura profesional*, 55, 18-24 pp.

Martínez Villar, E., Andrades Rodríguez, M.S (1993). Aptitud de La Rioja para el cultivo de frutales desde el punto de vista agroclimático (segunda y última parte). *Fruticultura profesional*, 56, 24-28 pp.

Martínez Villar, E., Andrades Rodríguez, M.S (1996). Estudio socio-económico del sector frutal a nivel mundial, nacional y de La Rioja. *Fruticultura profesional*, 77, 79-85 pp.

Mata Campo, M.P., Pérez Lorente, F., Caro Calatayud, S., Pérez Gómez, A (1989). Contacto entre la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica: Límite oriental de La Rioja. *Zubía*, 7, 75-97 pp.

Mela Mela, P (1971). *Cultivos de regadío*. Agrocienza, Zaragoza, 2 vol.

Mendoza, S (2013). Costes de cultivo de la remolacha. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 51, 14-19 pp.

Methods for water balance computation. An international guide for research and practice (1981). Sokolov, A., Chapman, T (eds). Studies and Reports in Hidrology, UNESCO, Paris, vol 17.

Meyer, A., Martínez Casanovas, J.A (1999). Prediction of existing gully erosion in vineyard parcels of the NE Spain: a logistic modelling approach. *Soil and Tillage Research*, 50, 319-331 pp.

McConkey, B.G (2001). *Securing Low Erosion Risks After Growing Pulses and Oilseeds*. Saskatchewan Agriculture and Food, Saskatchewan (Canada), 2 p.

Milla, A (1986). Coliflor. Consideraciones sobre cultivo. *Horticultura*, 27, 62-70 pp.

Millward, A.A., Mersey, J.E (1999), Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38 (2), 109-129 pp.

Mitchell, J.P., Hartz, T., Pettygrove, S., Munk, D.S., May, D., Menezes, F., Diener, J., O'Neill, T (1999). Organic matter recycling varies with crops grown. *California Agriculture* 53, 4, 37-40 pp.

Montesinos Aranda, S (2000). *Desarrollo metodológico para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en el área mediterránea utilizando técnicas de teledetección y SIG*. Universidad Complutense de Madrid, Tesis Doctoral, 236 p.

Moore, I. D., Burch, G.J (1986). Modelling erosion and deposition: Topographic effects. *Transactions of the ASAE*, 29, 1624-1630 pp.

Moore, I. D., Wilson, J (1992). Length-Slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Soil and Water Conservation*, 47 (5), 423-428 pp.

Morillo Velarde, R (2005). Labores de preparación del suelo en el cultivo de la remolacha azucarera. *Vida Rural*, 213, 36-40 pp.

Morone-Fortunato, I., Ruta, C., Castrignano, A., Saccardo, F (2005). The effect of mycorrhizal symbiosis on the development of micropropagated artichokes. *Scientiae Horticulturae*, 106, 472-483 pp.

Musgrave, G.V (1955). How much rain enters the soil. *Water: the yearbook of agriculture*, USDA, 151-159 pp.

Mwango, S.B., Msanya, B.M., Mtakwa, P.W., Kimaro, D.N., Deckers, J., Poesen, J., Lilanga, S., Sanga, R (2015). Soil loss due to crop harvesting in Usambara Mountains, Tanzania: The case of carrot, onion and potato. *International Journal of Plant and Soil Science*, 4 (1), 18-28 pp.

Namesny, A (1993). Posrecolección de alcachofa. *Posrecolección de Hortalizas*. 263-280 pp.

Navarro, C., Parra, M.A (2008). Plantación. *El cultivo del olivo*. (Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L., eds). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 189-236 pp.

Nazzareno, D., Bellocchi, G (2007). Estimating monthly (R)USLE climate input in a Mediterranean region using limited data. *Journal of Hydrology*, 345, 224-236 pp.

Novara, A., Gristina, L., Saladino, S.S., Santoro, A., Cerdà, A (2011). Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil and Tillage Research*, 117, 140-147 pp.

Núñez Olivera, E., Martínez Abaigar, J (1991). *El clima de La Rioja: análisis de precipitaciones y temperaturas*. Consejería de Agricultura y Alimentación D.L., Logroño, 323 pp.

Nyakatawa, E.Z., Reddy, K.C., Lemunyon, J.L (2001). Predicting soil erosion in conservation tillage cotton production systems using the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Soil and Tillage Research*, 57 (4), 213-224 pp.

Oruç, N., Güngür, H (2000). A study on the soil tare of sugar beet in Eskisehir - Turkey. *Proceedings of the International Symposium on Desertification, Konya*, 258-261 pp.

Ollero Ojeda, A (1996). Las riberas naturales del Ebro en La Rioja. *Zubía Monográfico*, 8, 123-136 pp.

Onori, F., De Bonis, P., Grauso, S (2006). Soil erosion prediction at the basin scale using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a catchment of Sicily (southern Italy). *Environmental Geology*, 50, 1129-1140 pp.

Ortega Lozano, A., Pérez Lorente, F (1984). El terciario en la Depresión de Arnedo. *Zubía*, 2, 99-114 pp.

Ortigosa Izquierdo, L (1987). El clima. *Naturaleza de La Rioja*. Nueva Rioja, Logroño, 121-137 pp.

Ortigosa, L., Lasanta, T (1984). El papel de la escorrentía en la organización textural de suelos cultivados en pendiente: modelos en viñedos de La Rioja. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, 99-112 pp.

Ortigosa, L., Ruiz Flaño, P., Lasanta, T., Arnáez, J (1989). Evolución superficial del espacio cultivado en Cameros Viejo (Sistema Ibérico) y su relación con algunos factores geocológicos. *Estudios geográficos*, 197, 553-577 pp.

Oserin, M.A., Ortigosa, L., Arnáez, J (1993). Erosión hídrica superficial en campos abancalados del Sistema Ibérico Riojano. *Geographicalia*, 30, 33-46 pp.

Palacios Calleja, M (2010). *Evaluación de las prácticas convencionales de fertilización y riego en patata y zanahoria en Rodezno (La Rioja)*. Universidad Pública de Navarra, 82 p.

Pardo, A., Suso, M (2003). Métodos de escarda en tomate y pimiento. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 25, 31-33 pp.

Pascual Bellido, N., Cabrerizo Cristóbal, A (1995). Distribución espacial del viñedo de Rioja en relación con los condicionantes ambientales. *Berceo*, 129, 75-95 pp.

Peña Monné, J.L., Julián Andrés, A (1994). La Depresión del Ebro. *Geografía de La Rioja*, vol 1 (García Ruiz, J.M., Arnáez Vadillo, J., eds). Fundación CajaRioja, 85-95 pp.

Pérez Lorente, F., Ortega Lozano, A (1984). El terciario en la Depresión de Arnedo. *Zubía*, 2, 99-114 pp.

Pereda, J.C., Pérez Lorente, F., Pavía, S (1989). Los conglomerados sueltos terciarios del borde norte de la Sierra de Cameros. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 15, 67-74 pp.

Poesen, J., Verstraeten, G., Soenens, R., Seynaeve, L (2001). Soil losses due to harvesting of chicory roots and sugar beet: an underrated geomorphic process? *Catena*, 43, 35-47 pp.

Porta, J., Ramos, M.C (1995). Pèrdues de sòl i de nutrients per erosió en camps de vinya: quantificació. *Jornades de Transferència de Tecnologia sobre Conservació de Sòls i Aigües en Vinyes* (Martínez Casasnovas, J.A, edr), Vilafranca del Penedès (Lleida), 56-62 pp.

Provedo Pisano, R., Díez Antolínez, R (2006). *El cultivo de la colza en Castilla y León. Resultados de los ensayos campaña 2005-2006*. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Junta de Castilla y León, 55 p.

Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A., Ribes-Dasi, M (2005). On-site effects of concentrated flow erosion in vineyard fields: some economic implications. *Catena*, 60, 126-146 pp.

Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A (2006). Erosion rates and nutrient losses affected by composted cattle manure application in vineyard soils of NE Spain. *Catena*, 68, 177-185 pp.

Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A (2009). Impacts of annual precipitation extremes on soil and nutrient losses in vineyards of NE Spain. *Hydrological processes*, 23, 224-235 pp.

Ramos, M.C., Porta, J. (1997). Analysis of design criteria for vineyard terraces in the Mediterranean area of North East Spain. *Soil Technology*, 10, 155-166 pp.

Ramos, M.I., Feito, F.R., Gil Cruz, A (2007). Consecuencia de la erosión en el olivar en pendiente. *I Congreso de la Cultura del Olivo*, 611-622 pp.

Reche Mármol, J (2005). *Cultivo de la judía verde en invernadero*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 228 p.

Renard, K.G., Freimund, J.R (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306 pp.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K, Yooder, D.C (1997). *Predicting Soil Erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook 703, USDA, Washington, 404 p.

Retamal Parra, N (1994). Labores culturales del girasol. *Vida rural*, 3, 48-51 pp.

Roca, J., Marqués, M.A (1984). Resultados preliminares de las pérdidas de suelo en zona agrícola del Penedés (Cataluña, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, 149-158 pp.

Rodríguez García, J.A (2008). *Geomorfología de un sector de la cuenca de Almazán (Soria): Procesos de erosión de suelos y planteamiento de escenarios ante el cambio climático*. Universidad Complutense de Madrid, Tesis Doctoral, 411 p.

Rodríguez, J.J., Bozal, J.M., Macua, J.I (2010). Guía de cultivo de alcachofa en cultivo anual. *Navarra Agraria*, 183, 15-16 pp.

Rodríguez, M.F., Florentino, A., Gallardo, J., de Antonio, R (2004). Sistemas de información geográfica en la evaluación de la erosión hídrica en Badajoz –España- aplicando la metodología USLE. *Agronomía Tropical*, 54(4), 391-409 pp.

Rodríguez Eguilaz, J.J (2007). Ficha de cultivo: judía verde. *Navarra agraria*, 163, 27-28 pp.

Rodríguez Lizana, F., Espejo, A.J., González Fernández, P., Ordóñez, R (2004). Efectos del manejo de suelo en la escorrentía y erosión en el olivar. *Vida rural*, 194, 34-38 pp.

Rodríguez Santolaya, F., Gil-Albarellos, C., Rodríguez Nogales, P.J (2009). *Normas técnicas de producción integrada: Guisante verde*. Gobierno de La Rioja: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 14 p.

Rodríguez, J.J., Bozal, J.M., Macua, J.I (2010). Alcachofa en cultivo anual. *Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias*, 15-16 pp.

Roldán Soriano, M., Gómez Sanz, V (2003). Aplicación de la RUSLE v 1.06 en la evaluación de la pérdida de suelo en la cuenca alta del río Cega. Comparación de factores RUSLE-USLE. *Edafología* 10 (3), 11-19 pp.

Romero Díez, A (2002). *La erosión en la región de Murcia*. Universidad de Murcia, Murcia, 339 p.

Romero Díez, A (2003). Influencia de la litología en las consecuencias del abandono de tierras de cultivo en medios mediterráneos semiáridos. *Papeles de geografía*, 38, 151-165 pp.

Romero Díez, A (2010). Procesos de erosión y desertificación en ambientes semiáridos. *Territorio, paisaje y sostenibilidad: un mundo cambiante* (Pillet, F., Cañizares, M.C., Ruiz Pulpón, A.R., eds), 193-224 pp.

Romero Díaz, M.A., Barberá, G., López Bermúdez, F (1995). Relaciones entre erosión del suelo, precipitación y cubierta vegetal en un medio semiárido del sureste de la Península Ibérica. *Lurralde: investigación y espacio*, 18, 229-243 pp.

Romero Díaz, M.A., López Bermúdez, Belmonte, F (1998). Erosión y escorrentía en el campo experimental de "El Ardal" (Murcia): nueve años de experiencias. *Papeles de geografía*, 27, 115-130 pp.

Romero Díez, A., Martínez Hernández, C., Belmonte, F (2012). Cambios de usos de suelo en la región de Murcia. El almendro como cultivo de referencia y su relación con los procesos de erosión. *Nimbus*, 29-30, 607-626 pp.

Romero Díez, A., Ruiz Sinoga, J.D., Belmonte, F (2011). Tasas de erosión hídrica en la región de Murcia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 56, 129-153 pp.

Roselló i Oltra, J (2003). Manejo agroecológico de cultivos hortícolas e intensivos. *Fundamentos de agricultura ecológica* (de las Heras, J., Fabeiro, C., Meco, R., coords), 239-262 pp.

Ruiz Altisent, M., Rodríguez del Rincón, A (1995). Mecanización del cultivo extensivo. *El cultivo del tomate*. (Nuez Viñals, F., edr), Mundi Prensa, 312-349 pp.

Ruiz Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D.J., Marques, M.J (2013). Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena*, 104, 153-160 pp.

Ruiz Flaño, P., Arnáez, J., Lasanta, T., Ortigosa, L (2006). Procesos de erosión y pérdidas de suelo tras lluvias intensas en viñedos de La Rioja. *Zubía*, 25-26, 61-74 pp.

Ruiz Sinoga, J.D (1987). Influencia del medio físico sobre el viñedo en las Cordilleras Béticas litorales. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 7, 315-323 pp.

Ruiz Sinoga, J.D (2003). Variabilidad de los procesos de generación de escorrentía en laderas bajo condiciones mediterráneas. *Baética: estudios de arte, geografía e historia*, 25, 279-312 pp.

Ruiz Sinoga, J.D., Martínez Murillo, J.F (2012). Respuesta eco-hidrológica de los suelos en campos abandonados (sur de España). *Cuadernos de investigación geográfica*, 38 (2), 31-52 pp.

Ruiz Sinoga, J.D., Romero Díez, A (2009). Indicadores edáficos de degradación en el Mediterráneo meridional español. *Geografía, territorio y paisaje: el estado de la cuestión: actas del XXI congreso de geógrafos españoles* (Pillet, F., Cañizares, M.C., Ruiz Pulpón, A.R., coords), 1829-1843 pp.

Ruyschaert G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G (2005). Interannual variation of soil losses due to sugar beet harvesting in West Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 317-329 pp.

Ruyschaert G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G (2006). Soil losses due to potato harvesting at the regional scale in Belgium. *Soil Use and Management*, 23, 156-161 pp.

Ruyschaert G., Poesen, J., Auerswald, K., Verstraeten, G., Govers, G (2006). Soil losses due to mechanized potato harvesting. *Soil & Tillage Research*, 86, 52-72 pp.

Sadiki A., Bouhlassa S., J., Auajjar J., Faleh A., 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 de l'oued Boussouab, *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 26, 69-79 pp.

San José, R (2005). Un tractor cada 10 hectáreas. *Cuaderno de Campo: Revista técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente*. Gobierno de La Rioja, 31, 4-9 pp.

Saroinsong, F., Harashina, K., Arifin, H., Gandasasmita, K., Sakamoto, K (2007). Practical application of a land resources information system for agricultural landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 79, 38-52 pp.

Shi, Z.H., Cai, C.F., Ding, S.W., Wang, T.W., Chow, T.L (2004). Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. *Catena*, 55 (1), 33-48 pp.

Sobrón, I., Lasanta, T (1986). Valoración de las prácticas de laboreo en la degradación de suelos cultivados con viñedo. *Jornades sobre la viticultura de la conca mediterrània, 1986, Tarragona*. Diputació de Tarragona: Facultat de Filosofia i Lletres de Tarragona, Universitat de Barcelona, D.L. 116-126 pp.

Sullivan, D.M., Brown, B.D., Shock, C.C., Horneck, D.A., Stevens, R.G., Prosser, G.Q., Feibert, E.B.G (2001). *Nutrient Management for onions in the Pacific Northwest*. A Pacific Northwest Extension Publication, Oregon State University, 28 p.

Taboada, M.M., Paz, A (2001). Relación entre las facies de la superficie de suelos agrícolas y la formación de escorrentía en la zona del complejo de órdenes. Avances sobre el estudio de la erosión hídrica II: Jornadas Internacionales sobre Erosión Hídrica, vol 1, 51-74 pp.

Taboada, M.M, Rodríguez Blanco, M.L., Taboada, M.T (2008). Escorrentía y erosión en suelos agrícolas del NO España: Interacción entre prácticas agrícolas y condiciones climáticas. *Geotemas*, 10, 109-112 pp.

Taboada, M.T., Taboada, M.M., Rodríguez Blanco, M.L (2010). Erosión hídrica en suelos agrícolas. *Riesgos naturales en Galicia: el encuentro entre naturaleza y sociedad* (Fra, U., coord), 183-202 pp.

Taboada, M.M., Vidal, E (1999). Índices de rugosidad y estimación del almacenamiento temporal de agua en un terreno de cultivo. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular*, 24, 89-98 pp.

Tardáguila Laso, J (2009). La cepa y sus formas: técnicas de manejo del viñedo. *La Rioja, sus viñas y su vino*, Gobierno de La Rioja: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 99-110 pp.

Tejada, M., González, J.L (2006). The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. *Soil and Tillage Research*, 91 (1-2), 186-198 pp.

Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R., Iaquina, P (2009). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112, 228-245 pp.

Thompson, L.M, Troeh, F.R (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Reverté, Barcelona, 627 p.

Thornthwaite, C.W, Matter, J.R (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Drexel Institute of Technology, Philadelphia, vol 10, (3), 185-311 pp.

Tió Saralegui, J.C., Barco Royo, E (1999). La Rioja. *El sector agrario: análisis desde las comunidades autónomas*. (Ruiz-Maya, L., Muñoz Ciudad, C., Molina, M., coords). Mundi Prensa, Madrid, 483-504 pp.

Tropeano, D (1983). Soil erosion on vineyards in the Tertiary Piedmontese basin (northwestern Italy): studies on experimental areas. *Catena Supplement*, 4, 115-127 pp.

Turc, L (1967). Incidence des facteurs macroclimatiques sur les productions végétales. *Fourrages*, 31, 10-34 pp.

USDA (1964). Watershed planning. *National Engineering Handbook*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Servicio de Conservación de Suelos, Washington D.C

USDA (2010). *Claves para la taxonomía de suelos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Washington D.C, 331 pp.

Usón, A (1998). *Medidas de control de la erosión en suelos de viña de las comarcas Anoia-Alt Penèdes (Barcelona): Efectividad y viabilidad*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Lérida, 259 pp.

Vaeci, A.R., Sadeghi, S.H.R (2011). Evaluating the RUSLE model and developing an empirical equation for estimating soil erodibility factor in a semi-arid region. *Spanish journal of agricultural research*, 3, 912-923 pp.

Valcárcel, M., Dafonte, J., Paz, A., Taboada, M.T (1999). La importancia de las prácticas agrícolas en el control de los procesos erosivos y evaluación mediante

modelos de la incidencia de las mismas. *Avances sobre el estudio de la erosión hídrica: Jornadas Internacionales sobre Erosión Hídrica*, (Paz, A., Taboada, M.T., coords), 7-42 pp.

Van Esch, L (2003). *Bodemverliezen ten gevolge van het rooien van wortelen (Daucus carota)*. Unpublished Thesis, Department of Geography, K.U. Leuven.

Van Wesemael, B., Rambaud, X., Poesen, J., Muligan, M., Cammeraat, E., Stevens, A (2006). Spatial patterns of land degradation and their impacts on the water balance of rainfed treecrops: A case study in South East Spain. *Geoderma*, 133: 45-56 pp.

Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J., Smith, C.J (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94, 23-38 pp.

Vos, J., Groenwold, J (1986). Root growth of potato crops on a marine-clay soil. *Plant and Soil*, vol 94, 1, 17-33 pp.

Wicherek, S (1991). Viticulture and soil erosion in the north of Parisian basin. Example: The Mid Aisne Region. *Zeitschrift fur Geomorphologie N.F*, Supplementband 83, 115-126 pp.

Wischmeier, W. H (1959). A rainfall erosion index for a Universal Soil-Loss Equation. *Soil Science Society Proceedings*, 23, 246-249 pp.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D (1978). *Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning*. Agriculture Handbook 537, USDA, Washington.

Xu, L., Xu, X., Meng, X (2013). Risk assessment of soil erosion in different rainfall scenarios by RUSLE model coupled with Information Diffusion Model: A case study of Bohai Rim, China. *Catena*, 100, 74-82 pp.

Yu, B., Ferro, V., Porto, P (2009). A Comparative Study of Rainfall Erosivity Estimation for South Italy and Southeastern Australia. *Hydrological Sciences Journal*, 44 (1) 3-24 pp.

Yuste Bombín, J (2001). Descripción y comportamiento de los sistemas de conducción en espaldera. *La conducción de la vid* (Gobierno de La Rioja: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, edr), 23-40 pp.

Zhang, K.L., Shu, A.P., Xu, X.L., Yang, Q.K., Yu, B (2008). Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *Journal for Arid Environments*, 72, 1002-1011 pp.

ANEXO 1. CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HOMOGÉNEAS DE SUELO (UH)

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26002 | Sierra de Obarenes - Cantabria | Arcillas y yesos | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 12,8 | 4,69 | 0,022 |
| U 26003 | Sierra de Obarenes - Cantabria | Areniscas, lutitas, arcillas y limos | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 4,7 | 12,8 | 0,003 |
| U 26004 | Margas | Margas | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 15,5 | 3,1 | 0,023 |
| U 26005 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 0,4 | 1,31 | 0,020 |
| U 26006 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 24,8 | 2,15 | 0,027 |
| U 26007 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 13,2 | 1,66 | 0,044 |
| U 26008 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 4,1 | 0,44 | 0,019 |
| U 26009 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 38,6 | 2,92 | 0,032 |
| U 26010 | Margas | Margas | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 22,7 | 2,54 | 0,023 |
| U 26011 | Margas | Margas | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 15,1 | 3,14 | 0,018 |
| U 26012 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 12,1 | 1,6 | 0,029 |
| U 26013 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 4,1 | 0,83 | 0,021 |
| U 26014 | Aluvial | Gravas y arenas | Leptosol cálcico sobre Luvisol crómico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 38,2 | 2,34 | 0,030 |
| U 26015 | Aluvial | Gravas y arenas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 24,1 | 1,96 | 0,033 |
| U 26016 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 11,4 | 1,7 | 0,041 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26017 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 8,3 | 1,25 | 0,030 |
| U 26018 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 45,1 | 2,77 | 0,021 |
| U 26019 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 12,3 | 2,5 | 0,033 |
| U 26020 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 2-5 | 2-0,5 | 23,7 | 6,3 | 0,020 |
| U 26021 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Luvisol crómico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 18 | 1,27 | 0,021 |
| U 26022 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 26,9 | 3,16 | 0,032 |
| U 26023 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 22,1 | 3,61 | 0,015 |
| U 26024 | Facies Haro | Margas, areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 2,3 | 2,57 | 0,035 |
| U 26025 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 18,5 | 2,15 | 0,025 |
| U 26026 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 7,1 | 1,91 | 0,038 |
| U 26027 | Aluvial | Gravas y arenas | Luvisol crómico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 21,9 | 1,73 | 0,041 |
| U 26028 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Luvisol crómico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 31,9 | 1,66 | 0,038 |
| U 26029 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 11,6 | 1,98 | 0,028 |
| U 26030 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcilla | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 2-0,5 | 19,2 | 1,72 | 0,030 |
| U 26031 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 9,8 | 1,9 | 0,016 |
| U 26032 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 11,2 | 1,26 | 0,039 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26033 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 2,9 | 0,78 | 0,046 |
| U 26034 | Aluvial | Gravas y arenas | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 16,4 | 3,26 | 0,030 |
| U 26035 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco limosa | 2-5 | 0,5-0,15 | 22 | 0,34 | 0,067 |
| U 26036 | Conglomerados | Conglomerados | Regosol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 16,6 | 5,97 | 0,034 |
| U 26037 | Conglomerados | Conglomerados | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 53,5 | 8,5 | 0,020 |
| U 26038 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Regosol eútrico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 15,1 | 2,6 | 0,033 |
| U 26039 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Regosol eútrico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 35,3 | 7,1 | 0,027 |
| U 26040 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 28,6 | 2,23 | 0,025 |
| U 26041 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 2-0,5 | 3,2 | 1,71 | 0,030 |
| U 26042 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 20,1 | 1,65 | 0,041 |
| U 26043 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 12,8 | 1,59 | 0,038 |
| U 26044 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 12,1 | 0,96 | 0,042 |
| U 26045 | Aluvial | Gravas y arenas | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 4,2 | 1,82 | 0,028 |
| U 26046 | Aluvial | Gravas y arenas | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 24,8 | 4,75 | 0,023 |
| U 26047 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 16,4 | 2 | 0,037 |
| U 26048 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 13,3 | 4,02 | 0,023 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26049 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 36,2 | 1,12 | 0,034 |
| U 26050 | Aluvial | Yesos con arcillas y margas | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 15,2 | 1,45 | 0,030 |
| U 26051 | Evaporitas | Yesos con arcillas y margas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 23,9 | 3,73 | 0,031 |
| U 26055 | Conglomerados | Conglomerados | Regosol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 15,9 | 1,91 | 0,030 |
| U 26056 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 22,7 | 1,95 | 0,032 |
| U 26057 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 8,12 | 1,36 | 0,036 |
| U 26058 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 10,4 | 2,99 | 0,037 |
| U 26059 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Leptosol rendzínico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 17,9 | 4,08 | 0,032 |
| U 26060 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 30,2 | 7,6 | 0,016 |
| U 26061 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 12,7 | 1,81 | 0,032 |
| U 26062 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 19,5 | 1,32 | 0,032 |
| U 26063 | Facies Nájera | Cantos con matriz limo-arcillosa | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 2-5 | 2-0,5 | 24 | 1,63 | 0,038 |
| U 26064 | Aluvial | Gravas y arenas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 16,6 | 2,89 | 0,039 |
| U 26065 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Luvisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 15,4 | 2,03 | 0,034 |
| U 26066 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 16,8 | 1,26 | 0,046 |
| U 26067 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 21,5 | 1,85 | 0,043 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|---|--|------------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26068 | Evaporitas | Yesos con arcillas y margas | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 26,5 | 2,36 | 0,018 |
| U 26069 | Aluvial | Gravas y arenas | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 9,4 | 1,04 | 0,033 |
| U 26071 | Aluvial | Arenas y arcillas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 61,7 | 4,87 | 0,036 |
| U 26074 | Conglomerados | Conglomerados | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 24,2 | 2 | 0,039 |
| U 26075 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 32,8 | 6,25 | 0,027 |
| U 26076 | Conglomerados | Conglomerados | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 22,6 | 4,28 | 0,027 |
| U 26078 | Conglomerados | Conglomerados | Leptosol rendzínico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 54,7 | 3,89 | 0,020 |
| U 26079 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 22,4 | 0,99 | 0,048 |
| U 26080 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 14,3 | 5,3 | 0,032 |
| U 26081 | Triásico de Cameros | Arcillas, yesos y dolomías | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 37,5 | 1,28 | 0,034 |
| U 26082 | Facies Nájera | Margas, margocalizas y calizas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 52,2 | 2,84 | 0,029 |
| U 26083 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 2-0,5 | 34,8 | 2,15 | 0,035 |
| U 26084 | Glacis y rañas | Gravas y arenas | Regosol eútrico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 10,2 | 1,93 | 0,040 |
| U 26085 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 10,1 | 1,28 | 0,045 |
| U 26086 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos areniscas y limos | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 10,3 | 1,35 | 0,040 |
| U 26087 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Luvisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 27,7 | 1,42 | 0,042 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|--|-----------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26088 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 4,6 | 0,79 | 0,038 |
| U 26094 | Conglomerados | Conglomerados | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 44,2 | 3,12 | 0,031 |
| U 26096 | Aluvial | Gravas y arenas | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 34,4 | 4,7 | 0,025 |
| U 26104 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 50,4 | 0,85 | 0,034 |
| U 26105 | Depresión de Arnedo | Conglomerados, areniscas y margas | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 3,2 | 0,41 | 0,034 |
| U 26106 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 10,5 | 3,19 | 0,038 |
| U 26107 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillo limosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 10,8 | 1,37 | 0,044 |
| U 26108 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Fluvisol | Arcillo limosa | < 1 | < 0,15 | 22,9 | 2,53 | 0,032 |
| U 26123 | Aluvial | Gravas y arenas | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 2-0,5 | 33,6 | 3,29 | 0,027 |
| U 26124 | Conglomerados | Conglomerados | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 23,7 | 6,6 | 0,013 |
| U 26125 | Depresión de Arnedo | Conglomerados, areniscas y margas | Fluvisol | Franca | 2-5 | 4-2 | 34,4 | 1,33 | 0,032 |
| U 26126 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Franco limosa | 2-5 | 2-0,5 | 16 | 3,96 | 0,043 |
| U 26128 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Regosol cálcico | Franco limosa | 2-5 | 2-0,5 | 2,5 | 0,91 | 0,086 |
| U 26129 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 20,4 | 2,02 | 0,046 |
| U 26145 | Glacis y rañas | Rañas y arcillas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 25,5 | 3,36 | 0,025 |
| U 26146 | Depresión de Arnedo | Conglomerados, areniscas y margas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 3,2 | 3,33 | 0,024 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|--------------------------|---|--|------------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26147 | Glacis | Cantos con matriz limo-arcillosa | Cambisol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 40,16 | 1,99 | 0,019 |
| U 26148 | Conglomerados | Conglomerados | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 19,6 | 1,32 | 0,021 |
| U 26149 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 28,9 | 1,3 | 0,037 |
| U 26150 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 19,7 | 1,29 | 0,037 |
| U 26151 | Aluvial | Gravas y arenas | Regosol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 21,7 | 2,94 | 0,017 |
| U 26152 | Aluvial | Grava, arenas, limos y arcillas | Luvisol crómico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 23,2 | 2,33 | 0,036 |
| U 26168 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Durisol | Arena franca | > 5 | 15-4 | 11,5 | 0,52 | 0,025 |
| U 26169 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 30,6 | 3,91 | 0,024 |
| U 26170 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 35,2 | 2,22 | 0,030 |
| U 26171 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Regosol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 18,4 | 3,02 | 0,037 |
| U 26179 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 29,4 | 0,81 | 0,068 |
| U 26180 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 4-2 | 56 | 2,38 | 0,036 |
| U 26181 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Luvisol crómico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 43 | 1,23 | 0,039 |
| U 26182 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Cambisol cálcico | Franco limosa | 2-5 | 2-0,5 | 13 | 2,35 | 0,073 |
| U 26189 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 38,8 | 1,72 | 0,039 |
| U 26190 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 18,2 | 0,87 | 0,049 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fracción gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|---------------------|---|---|------------------------|--------|----------|---------------------|--------|-------|
| U 26191 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 19,4 | 2,87 | 0,039 |
| U 26195 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 31,6 | 0,77 | 0,046 |
| U 26196 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 34 | 2,34 | 0,033 |
| U 26197 | Facies Haro | Areniscas, limos y arcillas | Regosol cálcico con Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 21,6 | 1,8 | 0,034 |
| U 26199 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 63,2 | 7,2 | 0,029 |
| U 26200 | Sierra de Alcarama | Conglomerados, areniscas y limolitas | Regosol cálcico con áreas de Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 28,1 | 1,45 | 0,035 |
| U 26901 | Aluvial | Gravas, arenas y caliches | Regosol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 2-0,5 | 37,2 | 1,22 | 0,020 |
| U 26903 | Conglomerados | Conglomerados | Regosol eútrico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 32,2 | 2,03 | 0,038 |
| U 26904 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 16,2 | 1,11 | 0,040 |
| U 26905 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 17,7 | 1,47 | 0,031 |
| U 26910 | Conglomerados | Conglomerados | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 47,8 | 3,08 | 0,037 |
| U 26918 | Aluvial | Gravas, arenas, limos y arcillas | Fluvisol | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 12,8 | 2,61 | 0,037 |
| U 26919 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Regosol eútrico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 21,5 | 1,63 | 0,031 |
| U 26925 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Arcillosa | < 1 | < 0,15 | 13,4 | 2,24 | 0,021 |
| U 26927 | Aluvial | Gravas, arenas y caliches | Fluvisol | Arcillo limosa | < 1 | < 0,15 | 31,4 | 3,2 | 0,025 |
| U 26929 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Leptosol rendzínico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 59,7 | 4,51 | 0,027 |

| Unidad homogénea | Unidad fisiográfica | Litología | Suelos | Textura | S (mm) | p (cm/h) | Fración gruesa (%) | MO (%) | K |
|------------------|------------------------------|---|--|------------------------|--------|----------|--------------------|--------|-------|
| U 26932 | Conglomerados | Conglomerados | Leptosol rendzínico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 18,1 | 2,36 | 0,029 |
| U 26934 | Facies Nájera | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 50,4 | 1,03 | 0,043 |
| U 26935 | Aluvial | Areniscas, arenas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 18,8 | 2,03 | 0,034 |
| U 26936 | Sierra de Obarenes-Cantabria | Areniscas, limos y arcillas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 24 | 6,3 | 0,026 |
| U 26938 | Glacis y rañas | Rañas y arcillas | Regosol cálcico con áreas de Cambisol cálcico | Franco arcillo arenosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 31,7 | 2,27 | 0,032 |
| U 26940 | Conglomerados | Conglomerados | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 29,3 | 3,15 | 0,030 |
| U 26942 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Cambisol cálcico | Franco arcillosa | 1-2 | 0,5-0,15 | 10,5 | 2,12 | 0,034 |
| U 26945 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Cambisol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 30 | 3,84 | 0,036 |
| U 26946 | Glacis y rañas | Cantos con matriz limo-arcillosa | Regosol cálcico | Franco arenosa | 2-5 | 2-0,5 | 41,9 | 1,17 | 0,034 |
| U 26950 | Sierra de Alcarama | Limolitas, areniscas y calizas arenosas | Regosol cálcico | Franco limosa | 2-5 | 2-0,5 | 35,3 | 4,31 | 0,047 |
| U 26951 | Facies Nájera | Arcillas rojas, areniscas y limos | Regosol eútrico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 38,9 | 1,16 | 0,039 |
| U 26952 | Sierra de Yerga-Peñalosa | Limolitas, calizas, areniscas y lutitas | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 32,8 | 1,94 | 0,039 |
| U 26953 | Facies Haro | Areniscas, limos y arcillas | Fluvisol | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 38,8 | 3,11 | 0,037 |
| U 26954 | Triásico de Cameros | Arcillas, yesos y dolomías | Regosol cálcico | Franca | 2-5 | 2-0,5 | 51,9 | 6,7 | 0,025 |
| U 26955 | Glacis y rañas | Rañas y arcillas | Cambisol cálcico con áreas de Leptosol cálcico y Leptosol lítico | Franco arenosa | 2-5 | 4-2 | 28 | 3,44 | 0,021 |

ANEXO 2. CRONOGRAMAS DE LABORES AGRÍCOLAS

Alcachofa (De Juan Valero *et al*, 2003; Rodríguez *et al*, 2010)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | | | | | | | |
| Plantación | | | | | | | x | | | | | |
| Aporcado | | | | | | | x | x | | | | |
| Binado de deserbaje | | | | | | | | x | x | | | |
| Abonado | | x | | x | | | | | | | | |
| Riego | | x | x | | | | | x | x | x | | |
| Cosecha | | | | x | x | | | | | x | x | |
| Arranque | | | | | | | x | | | | | |

Cebolla (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estercolado | x | | | | | | | | | | | |
| Despedregado | x | | | | | | | | | | | |
| Labor profunda | | x | | | | | | | | | | |
| Abonado | | | x | | x | x | | | | | | |
| Pase de cultivador | | | | x | | | | | | | | |
| Plantación | | | | x | | | | | | | | |
| Riego | | | | x | x | x | x | x | x | | | |
| Herbicida | | | | x | x | x | x | x | | | | |
| Surqueo | | | | | x | | | | | | | |
| Poda | | | | | | | | | x | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | x | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | | | | x | | | |

Cereal (www.larioja.org)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Abonado | | | | | | | | | x | x | x | |
| Laboreo preparatorio | | | | | | | | x | x | x | x | |
| Herbicida | | | | | | | | | | x | x | x |
| Siembra | | | | | | | | | | x | x | x |
| Rulado | | | | | | | | | | x | x | x |
| Abonado | x | x | x | x | | | | | | | | x |
| Herbicida | | x | x | | | | | | | | | |
| Cosecha/picado paja | | | | | | x | x | x | | | | |

Col (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | | x | | | | | |
| Labor superficial | | | | | | | x | | | | | |
| Aporcado | | | | | | | | x | | | | |
| Siembra | | | | | | | | x | | | | |
| Riegos | | | | | | | | | x | x | x | |
| Pase de rodillo | | | | | | | | | x | x | x | |
| Escarda manual | | | | | | | | | x | x | x | |
| Cosecha | x | x | | | | | | | | | | x |
| Desbrozado | | x | x | | | | | | | | | |

Coliflor (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | | x | | | | | |
| Abonado | | | | | | | x | x | x | x | x | |
| Riego | | | | | | | x | x | x | | | |
| Siembra | | | | | | | x | | | | | |
| Herbicidas | | | | | | | x | x | x | | x | |
| Aclareo | | | | | | | x | | | | | |
| Surcado | | | | | | | | x | | | | |
| Pase de cultivador | | | | | | | | x | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | | | x | |
| Desbrozado | | | | | | | | | | | x | |

Colza (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | | | | x | | | |
| Abonado | | | x | | | | | | x | | | |
| Siembra | | | | | | | | | | x | | |
| Plaguicidas | | | | x | | | | | x | | | |
| Rulado | | | | | | | | | | x | | |
| Cosecha | | | | | x | | | | | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | x | | | x | | | |

Cultivos forrajeros (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda con volteo | | | | | | | | | | x | | |
| Pase de grada | | | | | | | | | | x | | |
| Abonado | | | | | | | | | | | x | |
| Siembra | | | | | | | | | | | x | |
| Rulado | | | | | | | | | | | x | |
| Siega | | | | | x | | | | | | | |
| Hilerado y volteo | | | | | x | | | | | | | |
| Empacado del heno | | | | | x | | | | | | | |
| Alzado del terreno | | | | | x | x | | | | | | |

Frutales de fruto seco (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Poda y trata de restos | | | | | | | | | | | | |
| Despedregado | x | | | | | | | | | | | |
| Estercolado | x | x | | | | | | | | | | |
| Pase de cultivador | | | | x | | x | | | | | | |
| Herbicida | | | | | x | | | | | | | |
| Fitosanitarios | | | | | x | x | | | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | x | | | |

Girasol (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | x | | | | | | | | | | | x |
| Abonado | | | | x | | | | | | | | |
| Desbrozado | | | | | | | | | | | x | |
| Siembra | | | | x | | | | | | | | |
| Surqueo | | | | | | x | | | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | | x | | |
| Alzado del terreno | | | | | | | | | | | | |

Guisante verde (De Juan Valero *et al*, 2003; Gracia López, 2003; Rodríguez Santolaya *et al*, 2009)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | | | | | | | x |
| Despedregado | | | | | | | | | | | | x |
| Gradeo | | | | | | | | | | | | x |
| Abonado | x | | | | | | | | | | | |
| Siembra | | x | | | | | | | | | | |
| Herbicidas | | | | x | x | | | | | | | |
| Riego | | | | x | x | | | | | | | |
| Cosecha | | | | | | x | | | | | | |
| Hilerado y volteo | | | | | | x | | | | | | |
| Empacado del heno | | | | | | x | | | | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | x | | | | | | |

Judía verde y haba (De Juan Valero *et al*, 2003; Gil Albarellos *et al*, 2009)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | x | | | | | | | | | |
| Despedregado | | | | x | | | | | | | | |
| Gradeo | | | | x | | | | | | | | |
| Abonado | | | | x | | | | | | | | |
| Siembra | | | | | x | | | | | | | |
| Herbicidas | | | | | x | x | x | | | | | |
| Riego | | | | | x | x | x | x | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | x | | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | | | x | | | | |

Lechuga y escarola (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estercolado | x | | | | | | | | | | | |
| Pase de grada | x | | | | | | | | | | | |
| Abonado | | x | x | x | | | | | | | | |
| Herbicida | | | x | x | x | | | | | | | |
| Plantación | | | x | | | | | | | | | |
| Riego | | | x | x | x | | | | | | | |
| Pase de cultivador | | | | x | x | | | | | | | |
| Cosecha | | | | | x | | | | | | | |
| Alzado del terreno | | | | | x | | | | | | | |

Olivo (www.larioja.org)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estercolado | | | | | | | | | x | x | x | |
| Abonado | x | x | x | x | | | | x | x | x | x | x |
| Herbicida | | x | x | x | x | | | | | x | x | |
| Cosecha | x | | | | | | | | | | x | x |
| Poda y trata de restos | | x | x | x | | | | | | | | |
| Fitosanitarios | | | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| Riego | | | | | | | | | | | | |

Patata (Fernández Alcázar, 2012; Gil Albarellos *et al*, 2013)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Alzado del terreno | | | | | | | | | | x | | |
| Pase de cultivador | | | x | | | | | | | | | |
| Abonado | | | x | x | x | | | | | | | |
| Pase de grada | | | x | | | | | | | | | |
| Siembra | | | x | | | | | | | | | |
| Fitosanitarios | | | | x | x | x | x | x | | | | |
| Aporcado | | | | | x | | | | | | | |
| Riego | | | | | x | x | x | x | x | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | x | | | |

Pimiento (De Juan Valero *et al*, 2003; Pardo y Suso, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estercolado | x | | | | | | | | | | | |
| Despedregado | | x | | | | | | | | | | |
| Alisado | | | x | | | | | | | | | |
| Abonado | | | x | | | | | | | | | |
| Herbicida | | | | x | | x | x | x | | | | |
| Rulado | | | x | | | | | | | | | |
| Formación de camas | | | x | | | | | | | | | |
| Trasplante | | | | x | | | | | | | | |
| Riego | | | | x | x | x | x | x | x | | | |
| Pase de cultivador | | | | | | x | | | | | | |
| Escarda | | | | | | x | x | | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | x | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | | | | | x | | |

Remolacha azucarera (Mendoza, 2013; Gil Albarellos *et al*, 2014)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Enterrado de rastrojos | | | | | | | | | | x | | |
| Pase de cultivador y rastra | | x | | | | | | | | | | |
| Abonado | | x | | | | x | | | | | | |
| Pase de grada y rulo | | x | | | | | | | | | | |
| Siembra | | x | x | | | | | | | | | |
| Herbicidas | | | x | x | x | x | | x | x | | | |
| Riego | | | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| Cosecha | x | | | | | | | | | | | x |

Repollo (De Juan Valero *et al*, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Labor profunda | | | | | | x | | | | | | |
| Labor superficial | | | | | | x | | | | | | |
| Aporcado | | | | | | | x | | | | | |
| Siembra | | | | | | | x | | | | | |
| Riegos | | | | | | | | x | x | | | |
| Pase de rodillo | | | | | | | | x | x | | | |
| Escarda manual | | | | | | | | x | x | | | |
| Cosecha | x | | | | | | | | | x | x | x |
| Desbrozado | x | x | | | | | | | | | | |

Tomate (De Juan Valero *et al*, 2003; Pardo y Suso, 2003)

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estercolado | | x | | | | | | | | | | |
| Despedregado | | x | | | | | | | | | | |
| Alisado | | | x | | | | | | | | | |
| Abonado | | | x | x | x | | | | | | | |
| Herbicida | | | x | x | | x | x | x | x | | | |
| Rulado | | | | x | | | | | | | | |
| Formación de camas | | | | x | | | | | | | | |
| Transplante | | | | | x | | | | | | | |
| Riego | | | | | x | | | | | | | |
| Pase de cultivador | | | | | | x | | | | | | |
| Escarda | | | | | | x | | x | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | x | | | |
| Alzado del terreno | | | | | | | | | | x | | |

Viñedo (Fernández Alcázar, 2011).

| Operaciones | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Poda y trata de restos | | x | | | | | | | | | | |
| Abonado | | | x | | | | | | | | | |
| Pase de cultivador | | | x | | x | x | x | | | | | |
| Herbicida | | | x | | | | | | | | | |
| Insecticida | | | | x | x | | x | | | | | |
| Fitosanitarios | | | | x | x | x | x | x | | | | |
| Aclareo de racimos | | | | | | | | x | | | | |
| Vendimia | | | | | | | | | x | x | | |