



Universidad de Valladolid

**Escuela de Ingeniería de la Industria Forestal, Agronómica y de
la Bioenergía**

Campus de Soria

Grado en Ingeniería Forestal: Industrias Forestales

TRABAJO FIN DE GRADO

**PLAN DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS
FORESTALES MEDIANTE SIMULACIÓN
GEORREFERENCIADA EN LA COMARCA DE
TIERRAS ALTAS (SORIA).**

~~~~~

AUTOR: SALVADOR LÁZARO RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN VEGETAL

TUTOR: FRANCISCO MAURO GUTIÉRREZ

COTUTOR: YAGO ANGULO PRECKLER

SORIA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2023



## **AUTORIZACIÓN del TUTOR del TRABAJO FIN DE GRADO**

D. Francisco Mauro Gutiérrez, profesor del departamento producción vegetal como Tutor del TFG titulado Plan de Defensa contra Incendios Forestales mediante simulación georreferenciada en la Comarca de Tierras Altas (Soria) presentado por el alumno D. Salvador Lázaro Rodríguez da el Vº. Bº. y autoriza la presentación del mismo, considerando que .....

Soria, ..... de ..... de .....

El Tutor del TFG,

Fdo.: .....



## RESUMEN

**TÍTULO:** Plan de Defensa contra Incendios Forestales mediante simulación georreferenciada en la Comarca de Tierras Altas (Soria).

**DEPARTAMENTO:** Producción vegetal.

**TUTOR:** Francisco Mauro Gutiérrez

**COTUTOR:** Yago Angulo Preckler

**AUTOR:** Salvador Lázaro Rodríguez

**RESUMEN:**

En este trabajo de fin de grado se propone un Plan para la defensa contra Incendios Forestales para la Comarca de Tierras Altas de Soria. El objetivo del Plan de defensa es que sirva como guía que facilite que las actividades de prevención y extinción de incendios en la Comarca de Tierras Altas se realicen de forma eficiente y priorizando la actuación en aquellos ámbitos que requieren una mayor atención. El plan se desarrolla tres etapas diferenciadas.

En primer lugar, se hace un trabajo de recopilación de información relevante sobre el medio físico, natural y socioeconómico de la comarca y sobre los medios de defensa contra incendios forestales (extinción, vigilancia y prevención) disponibles.

A continuación, la información recopilada se integra para analizar distintos aspectos relacionados con los incendios forestales en la comarca y se desarrollan tres análisis paralelos. El primero de estos análisis consiste en desarrollar índices de riesgo de incendios que integren la vulnerabilidad del territorio y factores estructurales que contribuyen al peligro de incendios. El segundo análisis se centra en la aplicabilidad del índice de interfaz urbano forestal WUIX (de Wildland-Urban Interface index) como herramienta para la planificación de actuaciones locales a pequeña escala y en analizar los factores de error a los que se ve sometido este índice. El tercer y último análisis está basado en el uso de simuladores de forestales y se desarrolla para obtener un mejor conocimiento sobre la propagación y probabilidad de quema en la Comarca de Tierras Altas.

El plan concluye con una propuesta de actuaciones para la comarca de tierras altas basada en la integración de las etapas de análisis anteriormente desarrolladas. Para las actuaciones propuestas se establece un plan de seguimiento que permita analizar la evolución de la implementación práctica del plan.



# Índice

|          |                                                                                |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                            | <b>19</b> |
| <b>2</b> | <b>ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN</b>                                            | <b>21</b> |
| 2.1      | LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA Y CASTILLA Y LEÓN                           | 21        |
| 2.2      | LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE SORIA                              | 22        |
| 2.3      | LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS                        | 23        |
| 2.4      | CONTENIDOS NORMATIVOS                                                          | 26        |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS</b>                                                               | <b>31</b> |
| <b>4</b> | <b>ÁMBITO DE APLICACIÓN Y VIGENCIA</b>                                         | <b>33</b> |
| <b>5</b> | <b>DESCRIPCIÓN DE LA COMARCA</b>                                               | <b>35</b> |
| 5.1      | SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ADMINISTRATIVA                                          | 35        |
| 5.2      | LÍMITES Y CABIDAS                                                              | 36        |
| 5.3      | MEDIO FÍSICO                                                                   | 39        |
| 5.3.1    | RELIEVE                                                                        | 39        |
| 5.3.2    | LITOLOGÍA                                                                      | 41        |
| 5.3.3    | HIDROLOGÍA                                                                     | 41        |
| 5.3.4    | EDAFOLOGÍA                                                                     | 43        |
| 5.3.5    | CLIMATOLOGÍA                                                                   | 44        |
| 5.4      | MEDIO NATURAL                                                                  | 58        |
| 5.4.1    | VEGETACIÓN                                                                     | 58        |
| 5.4.2    | FAUNA                                                                          | 61        |
| 5.4.3    | RÉGIMEN DE PROTECCIÓN                                                          | 65        |
| 5.5      | MEDIO SOCIOECONÓMICO                                                           | 66        |
| 5.5.1    | DEMOGRAFÍA. SECTORES ECONÓMICOS                                                | 66        |
| 5.5.2    | RÉGIMEN DE PROPIEDAD DE LOS MONTES                                             | 68        |
| 5.5.3    | PROBLEMAS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LOS INCENDIOS FORESTALES            | 71        |
| <b>6</b> | <b>DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE COORDINACIÓN DEL OPERATIVO</b> | <b>73</b> |
| 6.1      | CENTROS DE MANDO                                                               | 73        |
| 6.2      | PERSONAL DE DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN                                           | 73        |
| 6.3      | PERSONAL DE APOYO                                                              | 74        |
| 6.3.1    | OPERADORES DE LOS CENTROS DE MANDO                                             | 74        |
| 6.3.2    | TÉCNICOS DE APOYO DE LOS CENTROS DE MANDO Y OTRO PERSONAL DE APOYO             | 74        |
| 6.3.3    | UNIDADES DE APOYO AL PMA                                                       | 75        |
| 6.3.4    | COORDINADORES DE MEDIOS AÉREOS                                                 | 75        |
| <b>7</b> | <b>DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN</b>         | <b>77</b> |
| 7.1      | DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN                                 | 77        |
| 7.2      | CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN                             | 78        |

|           |                                                                                     |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3       | CUENCAS VISUALES .....                                                              | 78         |
| <b>8</b>  | <b>DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE EXTINCIÓN Y PREVENCIÓN .....</b>    | <b>81</b>  |
| 8.1       | INFORME SOBRE LOS PLANES DE EXTINCIÓN .....                                         | 81         |
| 8.2       | INVENTARIO DE LOS MEDIOS EXISTENTES .....                                           | 81         |
| 8.2.1     | RED DE ACCESOS.....                                                                 | 83         |
| 8.2.2     | CUADRILLAS TERRESTRES .....                                                         | 84         |
| 8.2.3     | VEHÍCULOS AUTOBOMBAS.....                                                           | 85         |
| 8.2.4     | RETENES DE MAQUINARIA PESADA .....                                                  | 86         |
| 8.2.5     | CUADRILLAS HELITRANSPORTADAS.....                                                   | 86         |
| 8.2.6     | MEDIOS AÉREOS.....                                                                  | 87         |
| 8.2.7     | PUNTOS DE AGUA.....                                                                 | 87         |
| 8.2.8     | CORTAFUEGOS.....                                                                    | 89         |
| 8.2.9     | RED DE COMUNICACIONES .....                                                         | 90         |
| <b>9</b>  | <b>DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO Y PELIGRO DE INCENDIOS ....</b>           | <b>93</b>  |
| 9.1       | PELIGROSIDAD .....                                                                  | 94         |
| 9.1.1     | PELIGRO ESTADÍSTICO .....                                                           | 95         |
| 9.1.2     | COMBUSTIBLE.....                                                                    | 99         |
| 9.1.3     | PELIGRO DEL MEDIO .....                                                             | 100        |
| 9.1.4     | INTEGRACIÓN: OBTENCIÓN DE LA PELIGROSIDAD .....                                     | 103        |
| 9.2       | VULNERABILIDAD .....                                                                | 104        |
| 9.2.1     | EFICACIA DE LA DEFENSA .....                                                        | 105        |
| 9.2.2     | VALOR AMBIENTAL .....                                                               | 107        |
| 9.2.3     | OBTENCIÓN DE LA PRESENCIA HUMANA .....                                              | 108        |
| 9.2.4     | INTEGRACIÓN: OBTENCIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....                                   | 109        |
| 9.3       | INTEGRACIÓN DE PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD. GENERACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO ..... | 110        |
| 9.4       | ANÁLISIS DE CAUSALIDAD.....                                                         | 111        |
| <b>10</b> | <b>ÍNDICE WUIX.....</b>                                                             | <b>113</b> |
| 10.1      | INTRODUCCIÓN .....                                                                  | 113        |
| 10.2      | METODOLOGÍA .....                                                                   | 113        |
| 10.2.1    | FACTORES INTEGRADOS EN EL ÍNDICE WUIX.....                                          | 113        |
| 10.2.2    | CÁLCULO DE CONTINUIDAD.....                                                         | 115        |
| 10.2.3    | CÁLCULO DE FRICCIÓN .....                                                           | 118        |
| 10.2.4    | CÁLCULO DE VALORES WUIX PARA VARIAS ESCALAS Y MÉTODO DE COMPARACIÓN.....            | 119        |
| 10.3      | RESULTADOS.....                                                                     | 124        |
| <b>11</b> | <b>SIMULACIÓN CON FLAMMAP .....</b>                                                 | <b>129</b> |
| 11.1      | INTRODUCCIÓN .....                                                                  | 129        |
| 11.2      | FLAMMAP.....                                                                        | 129        |
| 11.3      | SIMULACIONES REALIZADAS .....                                                       | 130        |
| 11.3.1    | SIMULACIONES FB.....                                                                | 130        |
| 11.3.2    | SIMULACIONES MTT.....                                                               | 130        |



|           |                                                                           |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.4      | INPUTS EMPLEADOS EN LAS SIMULACIONES EN LA COMARCAD DE TIERRAS ALTAS..... | 131        |
| 11.4.1    | <i>LANDSCAPE FILE</i> .....                                               | 132        |
| 11.4.2    | <i>DATOS METEOROLÓGICOS</i> .....                                         | 146        |
| 11.4.3    | <i>HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE</i> .....                                      | 147        |
| 11.4.4    | <i>PATRÓN DE IGNICIONES SIMULACIONES MTT</i> .....                        | 147        |
| 11.5      | RESULTADOS.....                                                           | 149        |
| 11.5.1    | <i>SIMULACIONES FIRE BEHAVIOR (FB)</i> .....                              | 149        |
| 11.5.2    | <i>SIMULACIONES MTT</i> .....                                             | 156        |
| 11.6      | DISCUSIÓN .....                                                           | 159        |
| <b>12</b> | <b>PROPUESTA DE ACCIONES DE PREVENCIÓN .....</b>                          | <b>161</b> |
| 12.1      | ACCIONES DIRIGIDAS A LA POBLACIÓN.....                                    | 161        |
| 12.1.1    | <i>PROPUESTAS DE ACTUACIONES</i> .....                                    | 162        |
| 12.2      | RED DE ÁREAS DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES (RAD).162             |            |
| 12.2.1    | <i>PROPUESTAS DE ACTUACIONES</i> .....                                    | 164        |
| 12.3      | RED VIARIA.....                                                           | 169        |
| 12.3.1    | <i>PROPUESTAS DE ACTUACIONES</i> .....                                    | 169        |
| 12.4      | RED DE PUNTOS DE AGUA.....                                                | 171        |
| 12.4.1    | <i>PROPUESTAS DE ACTUACIONES</i> .....                                    | 171        |
| <b>13</b> | <b>CALENDARIO DE APLICACIÓN DEL PLAN.....</b>                             | <b>175</b> |
| <b>14</b> | <b>SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN.....</b>                                | <b>177</b> |
| 14.1      | INDICADORES DE EFICACIA. ....                                             | 177        |
| 14.2      | PROGRAMAS DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN.....                       | 177        |
| <b>15</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>                                                 | <b>179</b> |



## Relación de figuras

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA 1968-2015. FUENTE MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. ....                                   | 21 |
| FIGURA 2. N ° DE INCENDIOS FORESTALES EN CASTILLA Y LEÓN. 2012-2021. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                 | 22 |
| FIGURA 3. N ° DE INCENDIOS FORESTALES EN SORIA 1968-2015. FUENTE EGIF. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                             | 23 |
| FIGURA 4. N ° DE INCENDIOS FORESTALES EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS 1968-2015. FUENTE EGIF. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                       | 23 |
| FIGURA 5. PESO EN % DE LOS DIFERENTES AGENTES CAUSANTES DE INCENDIOS FORESTALES. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                    | 25 |
| FIGURA 6. PESO EN % Y SU EVOLUCIÓN DE LOS DIFERENTES AGENTES CAUSANTES DE INCENDIOS FORESTALES 1985-2015. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN PROPIA.....                            | 25 |
| FIGURA 7. ZONAS DE ALTO RIESGO DE LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                  | 27 |
| FIGURA 8. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO. FUENTE IGN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                   | 35 |
| FIGURA 9. TÉRMINOS MUNICIPALES DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE IGN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                  | 36 |
| FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES SEGÚN EL MAPA FORESTAL ESPAÑOL (MFE). FUENTE MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA..... | 37 |
| FIGURA 11. USOS DEL SUELO. ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN DATOS DE MAPA FORESTAL DE ESPAÑA. FUENTE MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ....       | 38 |
| FIGURA 12. OROGRAFÍA DE LA COMARCA. FUENTE IGN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                                    | 39 |
| FIGURA 13. PENDIENTE DE LA COMARCA. FUENTE IGN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                                    | 40 |
| FIGURA 14. ORIENTACIONES DE LA COMARCA. FUENTE IGN. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                               | 40 |
| FIGURA 15. REPRESENTACIÓN DE LA LITOLOGÍA EN LA COMARCA. FUENTE: JUNTA CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                            | 41 |
| FIGURA 16. CUENCAS HIDROGRÁFICAS. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                          | 42 |
| FIGURA 17. RED HIDROGRÁFICA. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                               | 42 |
| FIGURA 18. EDAFOLOGÍA. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                           | 44 |
| FIGURA 19. LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE LAS PRECIPITACIONES. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                        | 46 |
| FIGURA 20. CLIMODIAGRAMA DE WALTER-LIETH. [4] .....                                                                                                                        | 47 |
| FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE SUBTIPOS FITOCLIMÁTICOS. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....                        | 48 |
| FIGURA 22. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                               | 49 |
| FIGURA 23. PRECIPITACIÓN MEDIA VERANO. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                               | 50 |
| FIGURA 24. DÍAS DE PRECIPITACIÓN AL AÑO. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                             | 50 |
| FIGURA 25. TEMPERATURA MEDIA ANUAL. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                 | 51 |
| FIGURA 26. REPRESENTACIÓN BALANCE HÍDRICO. [4].....                                                                                                                        | 53 |

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 27. TIPOS CLIMÁTICOS DE EFICIENCIA TÉRMICA DEL CLIMA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE THORNTHWAITE. [9] .....                                | 54 |
| FIGURA 28. TIPOS CLIMÁTICOS DE ÍNDICE HÍDRICO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE THORNTHWAITE. [9].....                                               | 54 |
| FIGURA 29. DENSIDAD RAYOS ANUAL. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                      | 55 |
| FIGURA 30. ROSA DE LOS VIENTOS. FUENTE ITACYL .....                                                                                          | 56 |
| FIGURA 31. RADIACIÓN SOLAR. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                            | 57 |
| FIGURA 32. SERIES DE VEGETACIÓN. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....             | 59 |
| FIGURA 33. MODELOS DE COMBUSTIBLE. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....           | 59 |
| FIGURA 34. MODELOS DE COMBUSTIBLE ROTHERMEL. FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. .... | 61 |
| FIGURA 35. RÉGIMEN DE PROTECCIÓN. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                   | 66 |
| FIGURA 36. PORCENTAJE DE LOS SECTORES ECONÓMICOS POR MUNICIPIO 02/2023. FUENTE: SEGURIDAD SOCIAL. ELABORACIÓN PROPIA.....                    | 68 |
| FIGURA 37. TIPO DE PROPIEDAD DE LOS MONTES. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                         | 69 |
| FIGURA 38. DISTRIBUCIÓN DE LA PROPIEDAD DE LOS MONTES. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                              | 69 |
| FIGURA 39. TIPO DE GESTIÓN. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA ..                                                           | 70 |
| FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS MONTES. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                | 70 |
| FIGURA 41. MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                              | 71 |
| FIGURA 42. MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                           | 78 |
| FIGURA 43. SUPERPOSICIÓN DE CUENCAS VISUALES. NÚMERO DE ESTACIONES DE OBSERVACIÓN QUE VEN UN DETERMINADO PUNTO DE LA COMARCA. ....           | 79 |
| FIGURA 44. ZONAS VISIBLES DESDE LOS PUESTOS DE VIGILANCIA. ....                                                                              | 80 |
| FIGURA 45. MEDIOS Y RECURSOS EN CASTILLA Y LEÓN. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ....                                                      | 82 |
| FIGURA 46. MEDIOS Y RECURSOS EN SORIA. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                             | 82 |
| FIGURA 47. RED DE ACCESOS DE COMARCA DE TIERRAS ALTAS. FUENTE: FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA .....                    | 83 |
| FIGURA 48. URGENCIA DE REPARACIÓN DE LAS PISTAS Y CAMINOS.....                                                                               | 84 |
| FIGURA 49. PUNTOS DE AGUA. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA                                                              | 88 |
| FIGURA 50. ISÓCRONAS ENTORNO A LOS PUNTOS DE AGUA DE CARGA DE HELICÓPTERO. (IDA Y VUELTA) .....                                              | 89 |
| FIGURA 51. RED DE CORTAFUEGOS. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....                                                     | 90 |
| FIGURA 52. RIESGO EN FUNCIÓN DE LA PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD. [2].....                                                                   | 93 |
| FIGURA 53. CÁLCULO DE LA PELIGROSIDAD. ....                                                                                                  | 94 |
| FIGURA 54. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD. ....                                                                                                | 94 |
| FIGURA 55. MAPA DE FRECUENCIA DE INCENDIOS. ....                                                                                             | 96 |

|                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 56. MAPA DE GRAVEDAD DE INCENDIOS.....                                                                                                                                                           | 97  |
| FIGURA 57. MAPA DE CAUSALIDAD DE INCENDIOS.....                                                                                                                                                         | 98  |
| FIGURA 58. MAPA DE PELIGRO ESTADÍSTICO.....                                                                                                                                                             | 99  |
| FIGURA 59. MAPA DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBLE.....                                                                                                                                                    | 100 |
| FIGURA 60. MAPA DE PELIGROSIDAD POR FISIOGRAFÍA.....                                                                                                                                                    | 101 |
| FIGURA 61. MAPA DE PELIGROSIDAD POR EL CLIMA.....                                                                                                                                                       | 102 |
| FIGURA 62. MAPA DE PELIGRO DEL MEDIO.....                                                                                                                                                               | 103 |
| FIGURA 63. MAPA DE PELIGROSIDAD.....                                                                                                                                                                    | 104 |
| FIGURA 64. MAPA DE DETECCIÓN-RESPUESTA.....                                                                                                                                                             | 105 |
| FIGURA 65. MAPA DE ACCESOS.....                                                                                                                                                                         | 106 |
| FIGURA 66. MAPA DE EFICACIA EN LA DEFENSA.....                                                                                                                                                          | 107 |
| FIGURA 67. MAPA DE VALOR AMBIENTAL.....                                                                                                                                                                 | 108 |
| FIGURA 68. MAPA DE PRESENCIA HUMANA.....                                                                                                                                                                | 109 |
| FIGURA 69. MAPA DE VULNERABILIDAD.....                                                                                                                                                                  | 110 |
| FIGURA 70. MAPA DE RIESGO.....                                                                                                                                                                          | 111 |
| FIGURA 71. CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA. FUENTE: EGIF.<br>ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                                   | 112 |
| FIGURA 72. IDENTIFICACIÓN DE LA PERSONA EN LOS INCENDIOS INTENCIONADOS. FUENTE: EGIF.<br>ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                        | 112 |
| FIGURA 73. EJEMPLO DE RÁSTER DE VEGETACIÓN Y EDIFICACIONES SOBRE ORTOFOTO EN LA<br>POBLACIÓN DE YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN).<br>ELABORACIÓN PROPIA.....                         | 114 |
| FIGURA 74. VEGETACIÓN DE LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO<br>NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                            | 116 |
| FIGURA 75. CONTINUIDAD DE LA VEGETACIÓN EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS.....                                                                                                                             | 117 |
| FIGURA 76. CONTINUIDAD DE LA VEGETACIÓN EN LA POBLACIÓN DE YANGUAS.....                                                                                                                                 | 117 |
| FIGURA 77. FRICCIÓN EN LA POBLACIÓN DE YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO<br>NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                                  | 119 |
| FIGURA 78. EJEMPLO DE ÍNDICE WUIX PARA LA RESOLUCIÓN DE 10M EN YANGUAS.....                                                                                                                             | 120 |
| FIGURA 79. EJEMPLO DE ÍNDICE WUIX PARA LA RESOLUCIÓN DE 20M EN YANGUAS.....                                                                                                                             | 120 |
| FIGURA 80. EJEMPLO DE ÍNDICE WUIX PARA LA RESOLUCIÓN DE 30M EN YANGUAS.....                                                                                                                             | 121 |
| FIGURA 81. EJEMPLO DE ÍNDICE WUIX PARA LA RESOLUCIÓN DE 50M EN YANGUAS.....                                                                                                                             | 121 |
| FIGURA 82. EJEMPLO DE ÍNDICE WUIX PARA LA RESOLUCIÓN DE 100M EN YANGUAS.....                                                                                                                            | 122 |
| FIGURA 83. EJEMPLO ÍNDICE WUIX PERCENTIL 95 A DIFERENTES RESOLUCIONES EN LA<br>POBLACIÓN DE YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN).<br>ELABORACIÓN PROPIA.....                             | 123 |
| FIGURA 84. EJEMPLO DE INSPECCIÓN VISUAL DEL ÍNDICE WUIX EN LA POBLACIÓN DE YANGUAS.<br>FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                              | 124 |
| FIGURA 85. EJEMPLO DE FALLOS EN LA NUBE DE PUNTOS DE VEGETACIÓN EN LA POBLACIÓN DE<br>YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                      | 125 |
| FIGURA 86. EJEMPLO DE FALLOS EN LA NUBE DE PUNTOS DEL CATASTRO EN LA POBLACIÓN DE<br>YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                       | 126 |
| FIGURA 87. EJEMPLO DE ACIERTOS (CÍRCULO VERDE) Y FALLOS (CÍRCULO ROJO) EN DIFERENTES<br>RESOLUCIONES EN LA POBLACIÓN DE YANGUAS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO<br>NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA..... | 127 |
| FIGURA 88. CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO PARA CADA PÍXEL DEL LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>FLAMMAP.....                                                                                                       | 131 |

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 89. BUFFER APLICADO A LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS. ELABORACIÓN PROPIA. .                                      | 132 |
| FIGURA 90. ELEVACIÓN UTILIZADA EN LANDSCAPE FILE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....                                    | 133 |
| FIGURA 91. PENDIENTES UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.                                      | 134 |
| FIGURA 92. ORIENTACIONES UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.<br>.....                          | 135 |
| FIGURA 93. MATRIZ DE CONFUSIÓN DEL MODELO DE PREDICCIÓN BASADO EN EL MFE. ....                                       | 136 |
| FIGURA 94. MATRIZ DE CONFUSIÓN DEL MODELO DE PREDICCIÓN BASADO EN DATOS LIDAR.<br>.....                              | 137 |
| FIGURA 95. MODELOS DE COMBUSTIBLE UTILIZADOS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA.....                   | 138 |
| FIGURA 96. FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA.....              | 139 |
| FIGURA 97. CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO DE COPAS USADO EN FLAMMAP. FUENTE: FLAMMAP<br>.....                             | 140 |
| FIGURA 98. GRÁFICO DE LOS COMBUSTIBLES DE COPAS. FUENTE FUEL CALC. ....                                              | 140 |
| FIGURA 99. DIAGRAMAS DE OBSERVACIÓN/PREDICCIÓN. ....                                                                 | 143 |
| FIGURA 100. ALTURA DE LA BASE DE LAS COPAS UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA.....          | 144 |
| FIGURA 101. DENSIDAD DEL COMBUSTIBLE DE COPAS UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA.....       | 145 |
| FIGURA 102. ALTURA MEDIA DE LAS COPAS UTILIZADAS EN LANDSCAPE FILE. FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA.....               | 146 |
| FIGURA 103. INCENDIOS EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN<br>PROPIA.....                       | 147 |
| FIGURA 104. MAPA DE CALOR DE LOS INCENDIOS. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN PROPIA. ..                                     | 148 |
| FIGURA 105. PATRÓN DE IGNICIÓN. FUENTE: EGIF. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                               | 149 |
| FIGURA 106. LONGITUD DE LLAMA. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP .....                                               | 150 |
| FIGURA 107. VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP .....                                        | 151 |
| FIGURA 108. INTENSIDAD DEL FUEGO. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP .....                                            | 152 |
| FIGURA 109. CALOR POR UNIDAD DE ÁREA. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP.....                                         | 153 |
| FIGURA 110. ACTIVIDAD DEL FUEGO DE COPAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA USANDO<br>FLAMMAP.....                          | 154 |
| FIGURA 111. VELOCIDAD DEL VIENTO A MITAD DE LLAMA. ELABORACIÓN PROPIA USANDO<br>FLAMMAP.....                         | 155 |
| FIGURA 112. PORCENTAJE DE LA COPA QUEMADA. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP<br>.....                                | 156 |
| FIGURA 113. ÁREA QUEMADA EN LA SIMULACIÓN MTT. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP<br>.....                            | 157 |
| FIGURA 114. PERÍMETROS DE LAS IGNICIONES. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP ..                                       | 157 |
| FIGURA 115. PROBABILIDAD DE QUEMA. ELABORACIÓN PROPIA USANDO FLAMMAP.....                                            | 158 |
| FIGURA 116. PROPUESTA DE ACTUACIONES DIRIGIDAS A LA POBLACIÓN. ....                                                  | 162 |
| FIGURA 117. INTEGRACIÓN DE VALORES PARA PRIORIZAR LA CREACIÓN DE LAS ÁREAS DE<br>CONTENCIÓN. ....                    | 164 |
| FIGURA 118. PROPUESTAS DE CREACIÓN DE ÁREAS DE CONTENCIÓN.....                                                       | 165 |
| FIGURA 119. INTEGRACIÓN DE VALORES PARA PRIORIZAR LA CREACIÓN DE LAS ÁREAS DE<br>PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS..... | 166 |

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 120. PROPUESTAS DE CREACIÓN DE ÁREAS DE PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS.<br>.....                          | 167 |
| FIGURA 121. INTEGRACIÓN DE VALORES PARA PRIORIZAR LA CREACIÓN DE ÁREAS<br>ESTRATÉGICAS. ....                     | 168 |
| FIGURA 122. PROPUESTAS DE CREACIÓN DE ÁREAS ESTRATÉGICAS.....                                                    | 169 |
| FIGURA 123. INTEGRACIÓN DE VALORES PARA PRIORIZAR LAS ACTUACIONES DE LA RED VIARIA.<br>.....                     | 170 |
| FIGURA 124. PROPUESTAS DE MEJORAS DE PISTAS EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS.....                                  | 171 |
| FIGURA 125. INTEGRACIÓN DE FACTORES PARA PRIORIZAR LAS POSIBLES LOCALIZACIONES DE<br>NUEVOS PUNTOS DE AGUA. .... | 172 |
| FIGURA 126. PROPUESTAS DE PUNTOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE VIZMANOS. ....                                       | 173 |
| FIGURA 127. PROPUESTAS DE PUNTOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE MAGAÑA.....                                          | 173 |
| FIGURA 128. PROPUESTAS DE PUNTOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE SUELLACABRAS. ....                                   | 174 |





## Relación de tablas

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1. CONSECUENCIAS PREVISIBLES DE LOS INCENDIOS FORESTALES. ....                                                                                                      | 19 |
| TABLA 2. SUPERFICIE AFECTADA POR TÉRMINOS MUNICIPALES 1968-2015. FUENTE: EGIF.<br>ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                | 24 |
| TABLA 3. SUPERFICIE DE LOS MUNICIPIOS DE TIERRAS ALTAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                          | 36 |
| TABLA 4. SUPERFICIE SEGÚN MFE DE MÁXIMA ACTUALIDAD. CASTILLA Y LEÓN. FUENTE<br>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN<br>PROPIA. .... | 37 |
| TABLA 5. SUPERFICIE DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. FUENTE: MINISTERIO PARA LA<br>TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....                      | 41 |
| TABLA 6. SUPERFICIE POR ASOCIACIÓN. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN<br>PROPIA. ....                                                                         | 43 |
| TABLA 7. ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN<br>PROPIA. ....                                                                               | 44 |
| TABLA 8. CORRECCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN FUNCIÓN DE LA ALTURA. FUENTE<br>AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                           | 45 |
| TABLA 9. DATOS METEOROLÓGICOS. [1] ....                                                                                                                                   | 45 |
| TABLA 10. RÉGIMEN TÉRMICO. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                         | 45 |
| TABLA 11. RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                   | 46 |
| TABLA 12. PERIODO VEGETATIVO. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                      | 46 |
| TABLA 13. HUMEDAD RELATIVA. FUENTE AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                        | 51 |
| TABLA 14. FICHA HÍDRICA. FUENTE: <a href="http://www.uhu.es/03009/PROCLI/PROCLI0.PHP">HTTP://WWW.UHU.ES/03009/PROCLI/PROCLI0.PHP</a> . ....                               | 52 |
| TABLA 15. PARÁMETROS HÍDRICOS. ELABORACIÓN PROPIA. [1] ....                                                                                                               | 54 |
| TABLA 16. HORAS DE SOL ANUAL. FUENTE: AEMET. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                                                     | 57 |
| TABLA 17. MODELOS DE COMBUSTIBLE. [6] FUENTE: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN<br>ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                  | 60 |
| TABLA 18. FAUNA DE LA COMARCA. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA<br>.....                                                                               | 64 |
| TABLA 19. SUPERFICIE PROTEGIDA. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA<br>.....                                                                              | 65 |
| TABLA 20. DENSIDAD DE POBLACIÓN POR MUNICIPIO 2022. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN.<br>ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                         | 67 |
| TABLA 21. PORCENTAJE DE LOS SECTORES ECONÓMICOS POR MUNICIPIO 02/2023. FUENTE:<br>SEGURIDAD SOCIAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                              | 67 |
| TABLA 22. TIPO DE PROPIEDAD DE LOS MONTES. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN.<br>ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                                   | 68 |
| TABLA 23. UBICACIÓN DE LOS CPM Y CAM. FUENTE JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN .....                                                                                               | 73 |
| TABLA 24. CUADRILLAS TERRESTRES EN LA PROVINCIA DE SORIA. ....                                                                                                            | 85 |
| TABLA 25. VEHÍCULOS AUTOBOMBAS EN LA PROVINCIA DE SORIA. ....                                                                                                             | 86 |
| TABLA 26. CUADRILLAS HELITRANSPORTADAS EN LA PROVINCIA DE SORIA. ....                                                                                                     | 87 |
| TABLA 27. CANALES DE COMUNICACIÓN DE LA PROVINCIA DE SORIA. FUENTE: JUNTA DE<br>CASTILLA Y LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA .....                                                 | 91 |
| TABLA 28. FRECUENCIAS AÉREAS DE LA PROVINCIA DE SORIA. FUENTE: JUNTA DE CASTILLA Y<br>LEÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                      | 91 |
| TABLA 29. CATEGORIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD. ....                                                                                                                         | 95 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TABLA 30. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA DE INCENDIOS.....                                                                                                   | 95  |
| TABLA 31. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DE INCENDIOS. ....                                                                                                    | 96  |
| TABLA 32. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA CAUSALIDAD DE INCENDIOS. ....                                                                                                  | 97  |
| TABLA 33. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL PELIGRO ESTADÍSTICO. ....                                                                                      | 98  |
| TABLA 34. PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBLE. ....                                                                                                                              | 99  |
| TABLA 35. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE PENDIENTE.....                                                                                                                    | 100 |
| TABLA 36. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POR EL CLIMA. ....                                                                                                | 101 |
| TABLA 37. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL PELIGRO DERIVADO DEL MEDIO .....                                                                               | 102 |
| TABLA 38. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL PELIGRO. ....                                                                                                  | 103 |
| TABLA 39. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD. ....                                                                                                           | 105 |
| TABLA 40. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA DETECCIÓN RESPUESTA.....                                                                                                       | 105 |
| TABLA 41. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS ACCESOS.....                                                                                                                  | 106 |
| TABLA 42. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA EFICACIA EN LA DEFENSA .....                                                                                 | 107 |
| TABLA 43. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES.....                                                                                                       | 107 |
| TABLA 44. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRESENCIA HUMANA ..                                                                                          | 108 |
| TABLA 45. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....                                                                                          | 109 |
| TABLA 46. CRITERIOS DE INTEGRACIÓN DE PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO .....                                                      | 110 |
| TABLA 47. SUPERFICIE Y PORCENTAJE DE CADA CLASE DE RIESGO. ....                                                                                                           | 111 |
| TABLA 48. DATOS DEL PNOA – LIDAR 1 UTILIZADOS. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA. ....                                                       | 115 |
| TABLA 49. DATOS DEL PNOA-LIDAR 2. FUENTE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). ELABORACIÓN PROPIA.....                                                                     | 118 |
| TABLA 50. ESTRATOS Y TAMAÑOS DE MUESTRA ASOCIADOS. ....                                                                                                                   | 142 |
| TABLA 51. ERRORES CUADRÁTICO MEDIO (RMSE) Y SESGO PARA LOS MODELOS DESARROLLADOS POR ESTRATOS Y CALCULADOS PARA LOS CONJUNTOS DE DATOS DE ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN..... | 142 |
| TABLA 52. OUTPUTS GENERADOS MEDIANTE LA SIMULACIÓN FIRE BEHAVIOR. FUENTE: FLAMMAP .....                                                                                   | 150 |
| TABLA 53. CLASIFICACIÓN DEL FUEGO DE COPAS EN FLAMMAP. FUENTE: FLAMMAP. ....                                                                                              | 153 |
| TABLA 54. OUTPUTS GENERADOS MEDIANTE LA SIMULACIÓN MINIMUM TRAVEL TIME TAB. FUENTE: FLAMMAP .....                                                                         | 156 |

# 1 INTRODUCCIÓN

Los cambios de costumbres y usos del suelo derivados de los cambios sociales ocurridos en las últimas décadas, como por ejemplo el éxodo rural, está provocando cambios importantes en la estructura de la vegetación que la hacen más vulnerables a los incendios forestales de gran severidad. Este aumento de la vulnerabilidad provoca que los siempre crecientes esfuerzos en prevención, y, sobre todo, extinción de incendios, tengan un efecto menor del esperado en la reducción de la superficie forestal quemada. Por tanto, es necesario aumentar los esfuerzos en las actuaciones de defensa contra los incendios forestales. En particular, es necesario mejorar las labores de planificación de forma que se fomente generar paisajes menos vulnerables y con una estructura que facilite las labores de extinción y dificulte el inicio y la propagación de incendios.

Los planes de defensa contra incendios son documentos en los que se establecen las directrices a seguir en una zona determinada con el fin de mejorar las condiciones de esta en lo referente a incendios forestales. En este documento se propone un Plan de defensa contra los incendios forestales en la Comarca de Tierras Altas de Soria. El objetivo del plan es identificar debilidades estructurales de la comarca que pueden favorecer la aparición de incendios de grandes dimensiones y establecer directrices que guíen actuaciones concretas de prevención (proyectos) y extinción que permitan realizar la defensa contra incendios forestales de una forma más eficiente y dirigida.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestran las principales repercusiones de los incendios forestales sobre las personas, los animales, el medio y los bienes de naturaleza no forestal.

| Origen del riesgo                                | Escenarios más probables                                                                                                     | Consecuencias previsibles                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natural (Rayo)<br>Antrópico(Actividades humanas) | Quema de masa forestal                                                                                                       | Daños graves al medio ambiente.<br>Accidentes en las tareas de extinción.                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                  | Afectación a personas, animales y bienes de naturaleza no forestal (edificios, infraestructuras, vías de comunicación, etc.) | Daños a las personas y animales por la acción del calor, efecto directo de las llamas, humo y gases tóxicos. (Quemaduras, politraumatismos, intoxicaciones)<br><br>Daños a los edificios e infraestructuras por efectos del calor y el humo.<br><br>Cortes e inutilización de vías de comunicación. |

Tabla 1. Consecuencias previsibles de los incendios forestales.



## 2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1 LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA Y CASTILLA Y LEÓN.

Según el informe sobre incendios forestales 2006-2015 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [1], se puede observar que el número de siniestros y el área quemada en el periodo 1968 y 2015 tienen una alta variabilidad (Figura 1) presentando una tendencia claramente creciente hasta finales de los años noventa y una tendencia a la baja en las dos últimas décadas. Actualmente, los valores de número de siniestros han disminuido y son comparables a los existentes a principio de la década de los 80. Esta disminución, se debe en gran medida al aumento en las actividades de defensa (prevención y extinción).

Además de las tendencias antes mencionadas, destaca en la (Figura 1), la alta variabilidad interanual de las cifras relativas a número de siniestros y área quemada. Esto se debe a que los incendios forestales están fuertemente ligados a fenómenos climáticos, en especial las sequías. Así, periodos con alto número de incendios y grandes superficies de área quemada coinciden con periodos de sequía como los observados entre 1991-1995 y 2004-2007 u olas de calor (años 2006, 2012 y 2015).

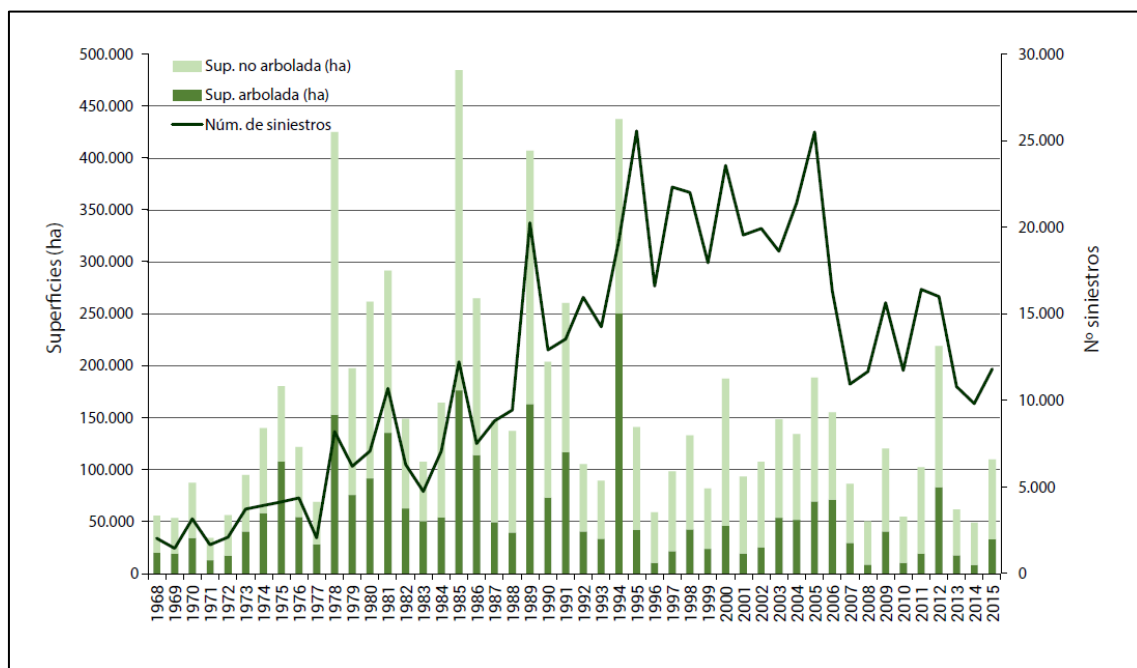


Figura 1. Evolución del número de incendios forestales en España 1968-2015. Fuente Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En Castilla y León, las tendencias son similares a las observadas a nivel nacional. En la (Figura 2) se puede observar el número creciente de incendios hasta llegar a valores máximos en la década de los noventa y un posterior descenso del número de siniestros asociado al incremento en los medios de defensa que se ha mantenido hasta la actualidad. Igualmente, estas tendencias vienen acompañadas de una alta variabilidad interanual debida a variaciones climáticas.

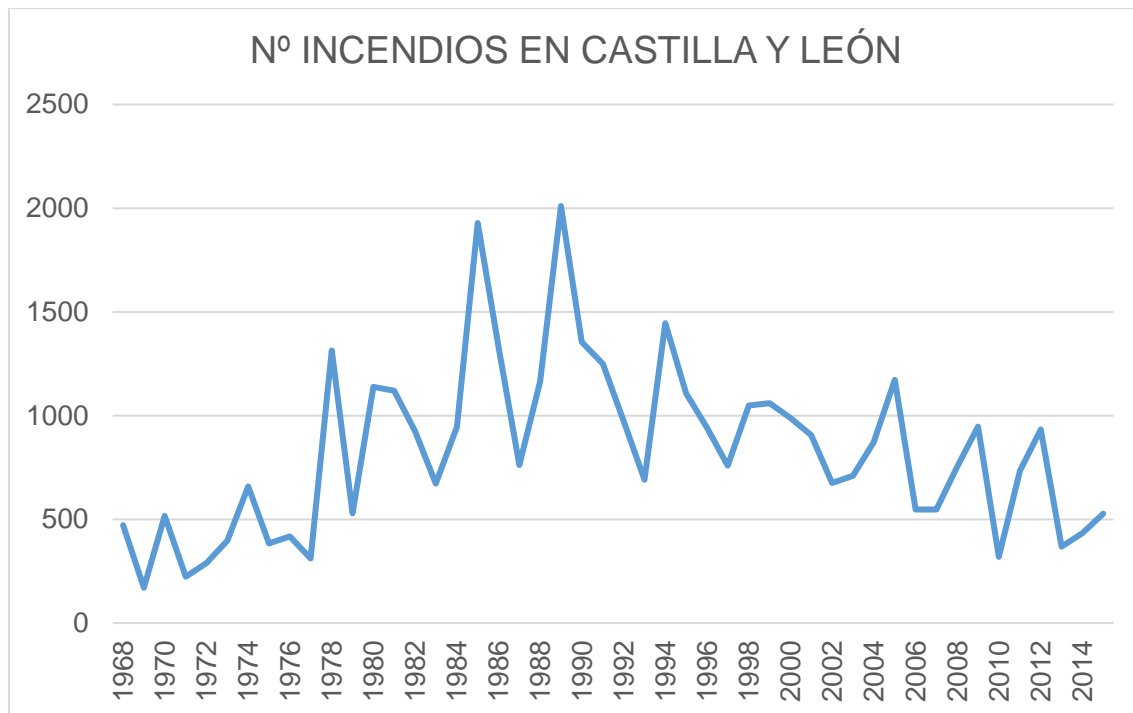


Figura 2. N<sup>o</sup> de incendios forestales en Castilla y León. 2012-2021. Fuente: EGIF.  
Elaboración propia

En general, nos encontramos en un periodo en el que se está consiguiendo reducir la incidencia de los incendios forestales. Esto se está consiguiendo gracias unos esfuerzos crecientes en materia de defensa contra incendios forestales, que en años puntuales se ven sobrepasados por la virulencia de los incendios ocurridos. La defensa contra incendios forestales implica un gran esfuerzo económico y una planificación adecuada de dichos esfuerzos es fundamental para asegurar que los recursos se invierten en aquellas actuaciones que van a tener una mayor incidencia en la reducción de los incendios de una zona.

## 2.2 LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE SORIA

En la provincia de Soria, el número de incendios ha presentado una evolución algo diferente a la observada en la Comunidad Autónoma de Castilla y León y en el resto de España. En la siguiente gráfica podemos ver la evolución del número de incendios forestales en la provincia de Soria. (Figura 3). Se observa que el número de siniestros aumentó hasta la década de los noventa, pero a partir de esa década, el número de incendios no ha mostrado una tendencia, ni a la alta, ni a la baja, y sí que se han observado años excepcionales donde el número de siniestros casi ha duplicado la media de los últimos 20 años.

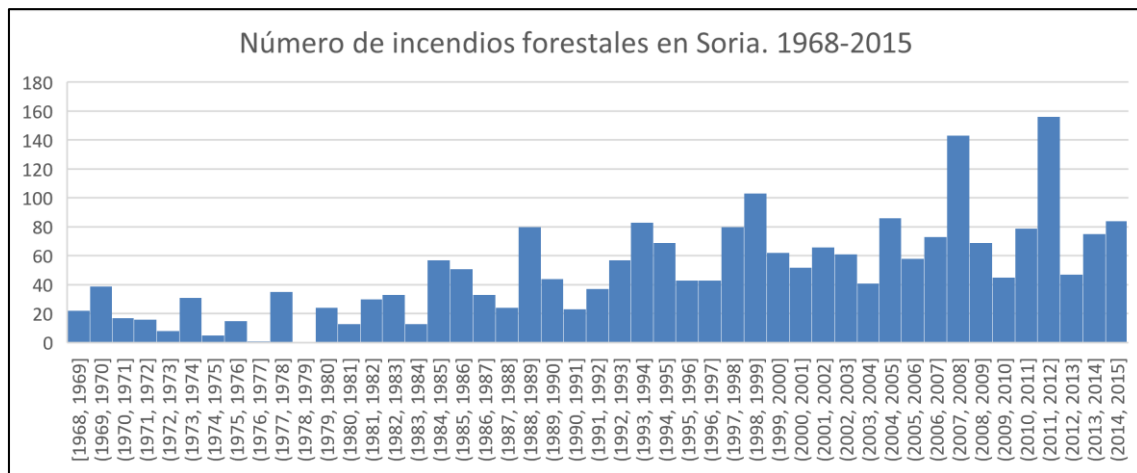


Figura 3. N<sup>o</sup> de incendios forestales en Soria 1968-2015. Fuente EGIF. Elaboración propia.

## 2.3 LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA COMARCA DE TIERRAS ALTAS

El presente documento se centra en la comarca de Tierras Altas. Esta comarca comprende un total de 14 municipios, caracterizados por una baja densidad de población y un elevado número de enclaves de alto valor natural. Durante el periodo 1968-2015 (periodo para el que existen registros en la base de datos de estadística general sobre incendios forestales EGIF), se puede ver que los municipios con mayor número de incendios son Villa del Río y San Pedro Manrique (Figura 4).

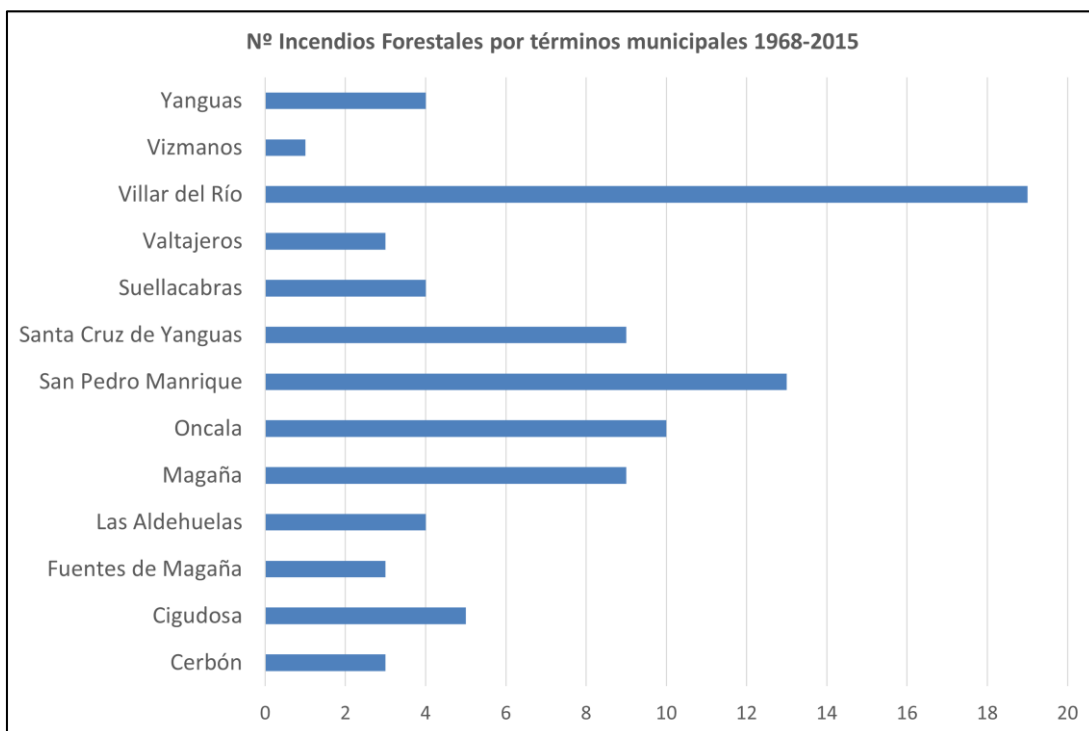


Figura 4. N<sup>o</sup> de incendios forestales en la comarca de Tierras Altas 1968-2015. Fuente EGIF. Elaboración propia

El área objeto de planificación ha sufrido durante los últimos años secuencias repetitivas de incendios forestales principalmente en Villar del Río y San Pedro Manrique afectando principalmente a zonas de terreno no arbolado (Tabla 2).

| MUNICIPIO             | TOTAL ARBOLADO | TOTAL NO ARBOLADO | SUPER NO FORESTAL |
|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Las Aldehuelas        | 0              | 5,63              | 0                 |
| Cerbón                | 9,4            | 6,5               | 0                 |
| Cigudosa              | 0              | 14,12             | 5,32              |
| Fuentes de Magaña     | 4,05           | 34,62             | 112,82            |
| Magaña                | 37,04          | 214,35            | 10,73             |
| Oncala                | 0              | 14,69             | 0                 |
| San Pedro Manrique    | 37,53          | 55,57             | 0                 |
| Santa Cruz de Yanguas | 4              | 20,45             | 6,17              |
| Suellacabras          | 0              | 5,63              | 4,15              |
| Valtajeros            | 0              | 26,5              | 0                 |
| Villar del Río        | 2,11           | 30,86             | 12,33             |
| Vizmanos              | 0              | 4                 | 0                 |
| Yanguas               | 0,09           | 1,07              | 0                 |
| Valdeprado            | 0              | 0                 | 0                 |
| TOTAL                 | 94,22          | 433,99            | 151,52            |

*Tabla 2. Superficie afectada por términos municipales 1968-2015. Fuente: EGIF. Elaboración propia.*

En términos relativos, la para el periodo 1996-2015 el área quemada en la comarca de tierras altas (267 ha) supone aproximadamente el 12.5% del área quemada en la provincia en el mismo periodo. Teniendo en cuenta que la superficie de la comarca es tan solo un 6.3% del área de la provincia, podemos ver la relevancia de la comarca en lo relativo a incendios forestales es alta. Según los datos que se obtienen de la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, las causas se clasifican en cinco grandes grupos:

- Rayo
- Negligencias y causas accidentales
- Intencionado
- Causa desconocida

Es importante diferenciar la causa del incendio del agente que lo originó. Por ejemplo, el agente de incendios con causa de negligencia o accidente puede ser una persona o un objeto (por ejemplo, una máquina o herramienta)'. En la (Figura 5) se representan el peso, respecto el total de número de incendios, de las diferentes causas y en la (Figura 6) su evolución en la serie histórica estudiada.



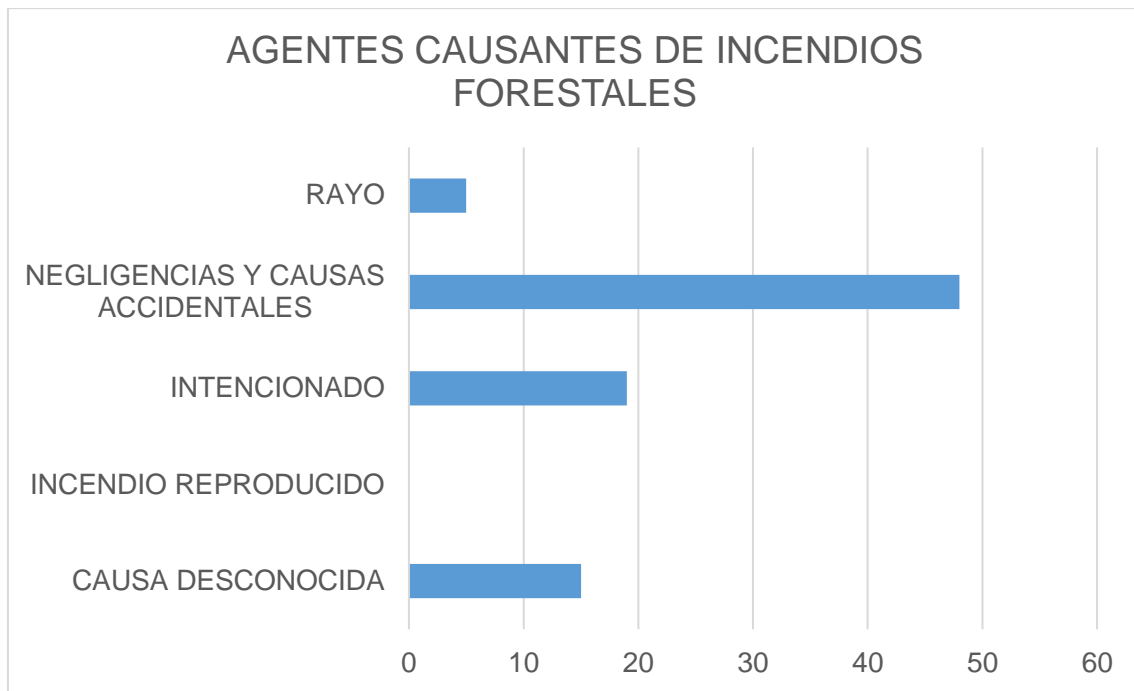


Figura 5. Peso en % de los diferentes agentes causantes de incendios forestales. Fuente: EGIF. Elaboración propia.

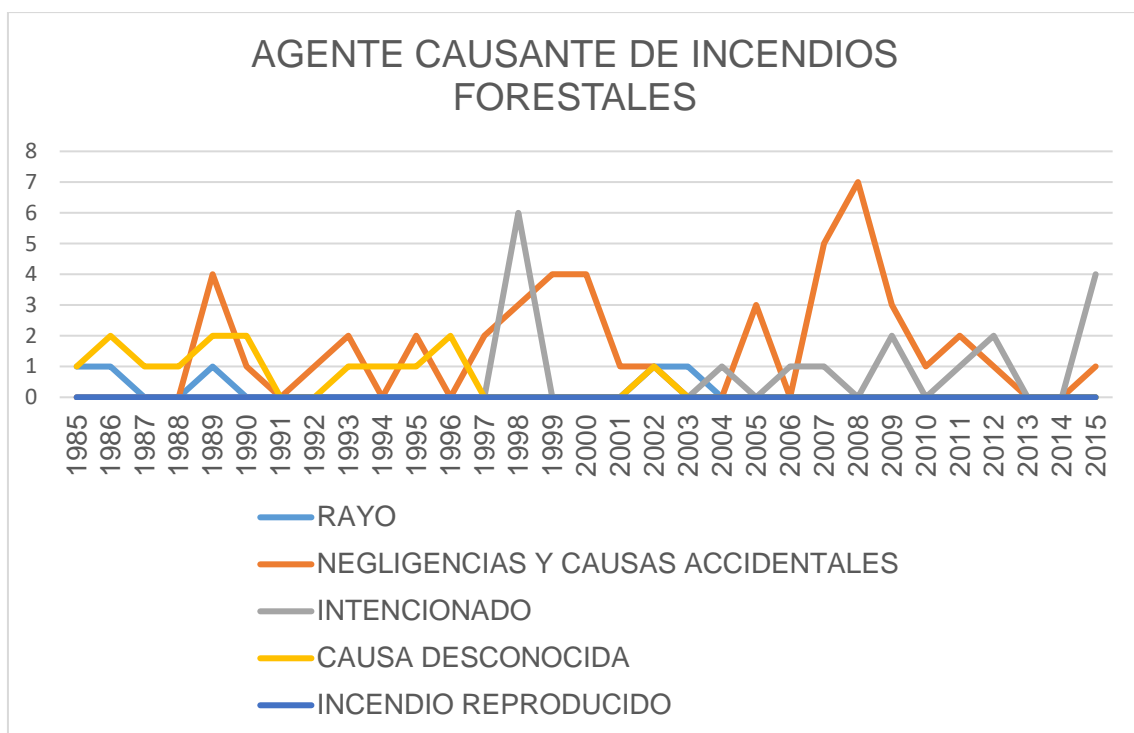


Figura 6. Peso en % y su evolución de los diferentes agentes causantes de incendios forestales 1985-2015. Fuente: EGIF. Elaboración propia.

En base a los datos anteriores puede concluirse que las negligencias y los incendios con causa accidental dominan en la comarca de tierras altas y que los incendios por rayo o intencionados son también frecuentes. Por último, cabe destacar que los incendios por

causa desconocida han desaparecido prácticamente, esto se debe a una mejora capacidad de identificación de las causas de los incendios.

## 2.4 CONTENIDOS NORMATIVOS

Mediante la ORDEN MAM/851/2010, de 7 de junio, se declaran zonas de alto riesgo de incendio en la Comunidad de Castilla y León, a efectos de los indicado en el artículo 88 de la Ley 3/2009, de 6 de abril, de Montes de Castilla y León, regula las zonas de alto riesgo de incendio y planes de defensa, indicando lo siguiente:

*“La consejería competente en materia de montes podrá declarar zonas de alto riesgo de incendio aquellas áreas en las que sea necesaria la adopción de medidas especiales de protección debido a la frecuencia o virulencia de los incendios forestales, la importancia de los valores amenazados u otros motivos que lo aconsejen.*

*Las zonas de alto riesgo de incendio deberán disponer de un plan de defensa, cuyo contenido será al menos el determinado en el artículo 48.3 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. Los planes de defensa serán aprobados por la consejería competente en materia de montes.”*

Por su parte, el artículo 48 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, en su punto 1 establece que *“podrán ser declaradas zonas de alto riesgo de incendio o de protección preferente, aquellas áreas en las que la frecuencia o virulencia de los incendios forestales y la importancia de los valores amenazados hagan necesarias medidas especiales de protección contra los incendios.”*

Conforme a lo previsto en el artículo 5 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, *“Se clasifican como ZAR aquellas áreas que tengan la consideración de monte y estén incluidos en los términos municipales y comunidades que figuran en el Anexo de la Orden MAM/851/2010, de 7 de junio”*

Mediante la orden ORDEN FYM/123/2013, de 15 febrero, por la que se modifica la Orden MAM/851/2010, de 7 de junio, por la que se declaran zonas de alto riesgo de incendio en la Comunidad de Castilla y León, establece que *“el resto de los terrenos de la Comunidad de Castilla y León que tengan la consideración de monte, conforme a lo previsto en el artículo 2 de la Ley de Montes de Castilla y León, 3/2009, de 6 de abril quedan declarados como zonas de riesgo medio de incendio.”*

En la comarca de Tierras Altas todos los términos municipales están considerados como Zonas de Alto Riesgo (ZAR)

Las Zonas de Alto Riesgo de la comarca estudiada se puede ver en la siguiente figura. (Figura 7).

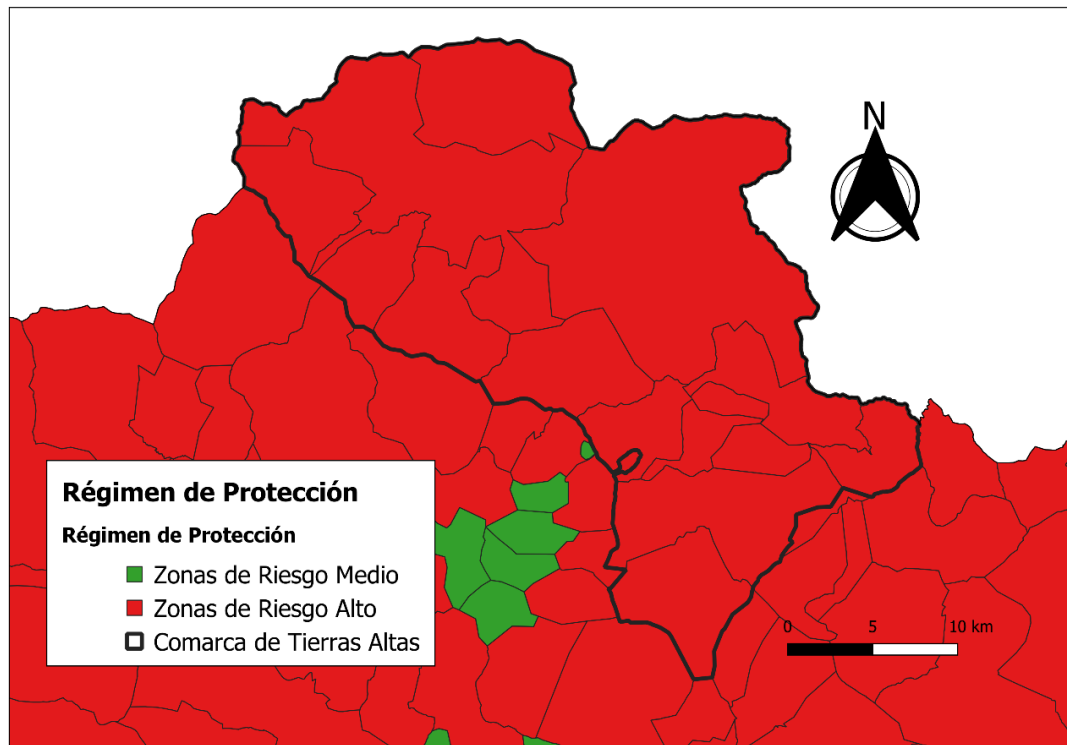


Figura 7. Zonas de Alto Riesgo de la comarca de Tierras Altas. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia.

Dentro de las obligaciones de los propietarios, en el artículo 48 de la Ley 43/2003, de Montes, se indica que “*las infraestructuras, existentes o de nueva creación, incluidas en las zonas de alto riesgo de incendio tendrán una servidumbre de uso para su utilización por los servicios de prevención y extinción de incendios*”.

Además, la Ley 3/2009, de 6 de abril, de montes de Castilla y León establece que “*los propietarios de los montes estarán obligados a realizar, o a permitir realizar a la consejería competente en materia de montes, las medidas de prevención de incendios forestales que sean acordadas por esta. Además, la consejería competente en materia de montes podrá acordar medidas preventivas de incendios forestales en los terrenos situados a menos de 400 metros de los montes.*”

Según lo indicado en el artículo 63 de la Ley 43/2003, de Montes, “*en el acceso a las subvenciones para la prevención contra incendios forestales, cuando se financien con cargo a los Presupuestos Generales del Estado, tendrán prioridad los montes que se encuentren ubicados en una zona de alto riesgo de incendio con un plan de defensa contra incendios vigente, de acuerdo con el artículo 48.*”

En el plan de protección civil ante emergencias por incendios forestales en Castilla y León (INFOCAL) establece las funciones básicas, contenido mínimo y mantenimiento de los planes de actuación de ámbito local y de los planes de autoprotección.

La excepcional situación del verano de 2022 en España ha motivado la aprobación por el Gobierno de España del Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan

medidas urgentes en materia de incendios forestales, modificado por la disposición adicional primera del Real Decreto-ley 17/2022, de 20 de septiembre.

En el Decreto-ley 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales se aprueba el plan anual de prevención, vigilancia y extinción de incendios forestales de 2023, que se aborda de forma extraordinaria mediante este decreto-ley, dando así una respuesta urgente a la obligación exigida por el Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto. Por otro lado, agiliza los procesos de cobertura de personal y medios del Operativo de prevención y extinción de incendios forestales. En el anexo I Marco Normativo se detalla la relación de normas en el marco europeo, estatal y autonómico relevantes para el presente plan.

Los municipios declarados anteriormente como ZAR deberán disponer de un plan de defensa, cuya aprobación dependerá de la Consejería de Medio Ambiente de Castilla y León, siendo el contenido mínimo lo indicado en el artículo 48 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre de Montes, descrito a continuación:

*“a) Un análisis territorial de la problemática socioeconómica que pueda existir en la Comunidad Autónoma y que se puede manifestar a través de la provocación reiterada de incendios o del uso negligente del fuego.*

*b) El diseño general del dispositivo para atención global durante todo el año a la prevención, detección y extinción de incendios forestales, precisando, en su caso, las épocas de mayor riesgo de incendios forestales debidamente territorializadas.*

*c) La determinación de los puntos estratégicos de gestión, así como de las áreas de actuación singularizada.*

*d) La asignación estable, y permanente, de medios técnicos y profesionales singularizados al desarrollo de las actuaciones contempladas.*

*e) Los trabajos de carácter preventivo a realizar a lo largo de todo el año, en particular los tratamientos selvícolas que procedan, áreas cortafuegos, vías de acceso y puntos de agua que deban realizar los propietarios de los montes de la zona, así como los plazos de ejecución.*

*f) Las modalidades de ejecución de los trabajos, en función del estado legal de los terrenos, mediante convenios, acuerdos, cesión temporal de los terrenos a la Administración, ayudas o subvenciones o, en su caso, ejecución subsidiaria por la Administración.*

*g) El establecimiento y disponibilidad de los medios de vigilancia y extinción necesarios para dar cobertura a toda la superficie de la Comunidad Autónoma, con las previsiones de dotaciones, financiación, y modelo de organización.*

*h) La regulación de los usos que puedan dar lugar a riesgo de incendios forestales, en relación con los distintos niveles de riesgo.*

*i) Las prohibiciones o limitaciones a la circulación de vehículos a motor por pistas forestales en las que no existan servidumbres de paso situadas fuera de la red de carreteras y a través de terrenos forestales y al acceso de personas ajenas a la vigilancia, extinción y gestión de incendios.*

*j) Las condiciones generales, tanto climatológicas como de cualquier otro tipo, que justifiquen la intensificación de los operativos y de los medios de vigilancia y extinción.”*



### 3 OBJETIVOS

Este Plan pretende ser una guía que facilite que la defensa contra los incendios forestales en la Comarca de Tierras Altas se realice de forma eficiente y priorizando la actuación en aquellos ámbitos que requieren una mayor atención. Si bien los planes de actuación de ámbito local son los documentos que regirán en última instancia las actuaciones preventivas sobre la comarca, acorde al Plan Director (INFOCAL), este Plan de Defensa servirá de primera aproximación a los planes de actuación de ámbito local. Además, ayudará a priorizar la elaboración y posterior aprobación de los diferentes planes de actuación locales, ya que estos podrán apoyarse en el trabajo de análisis del territorio, diagnosis del problema y priorización de actuaciones realizados en el presente documento.

Para cumplir este objetivo general se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Obtener una descripción detallada del medio físico, natural y socioeconómico de la comarca.

Este objetivo se ha desarrollado realizando una recopilación de información muy exhaustiva y detallada, que ha servido de base para toda la elaboración de distintos apartados del Plan. Se presenta en el **capítulo 5** la descripción completa del medio e incluye datos relevantes de la Comarca de Tierras Altas que son importantes para tener una perspectiva general de la comarca y su posición frente a los incendios forestales, pero que no son inputs directos de los objetivos específicos que se detallan a continuación.

2. Obtener un inventario actualizado de medios de defensa contra incendios forestales (extinción, vigilancia y prevención).

Este objetivo también ha implicado una importante labor de recopilación de información procedente de distintas fuentes y se desarrolla en los **capítulos 6,7 y 8** de este Plan.

3. Integrar la información más relevante de los objetivos 1 y 2 en un análisis de vulnerabilidad y riesgos que permita identificar zonas de actuación prioritarias.

Este objetivo se desarrolla en el **capítulo 9** siguiendo la metodología de (plan director de defensa contra incendios forestales de Castilla la Mancha) [2]. La aplicación de esta metodología requiere integrar numerosas fuentes de datos y en ciertos casos dicha información no estaba disponible en la comarca de Tierras Altas. En esos casos se han realizado pequeñas modificaciones de la metodología adaptando su uso a la información disponible en la comarca.

4. Realizar un análisis de detalle sobre riesgos de incendios en zonas de interfaz urbano-forestal en los municipios de la Comarca de Tierras Altas y que este análisis pueda ser usado en futuros planes.

En el **capítulo 10** se desarrolla el estudio realizado en los municipios de la comarca empleando el índice de interfaz urbano forestal WUIX (de Wildland-Urban Interface indeX) tiene su origen en la idea propuesta en el proyecto WARM2 [3]. En este análisis se han contemplado distintas posibilidades de cálculo y aplicación del

índice WUIX en la identificación de zonas de interfaz urbano forestal sobre las que realizar actuaciones de forma prioritaria.

5. Realizar un estudio basado en métodos de simulación de incendios forestales que permita obtener un mejor conocimiento sobre la propagación y probabilidad de quema en la Comarca de Tierras Altas.

En el **capítulo 11** se presenta un análisis detallado sobre la propagación y probabilidad de quema de la comarca de estudio. Este análisis de detalle proporciona información relevante para tareas de extinción de incendios e información complementaria a la presentada en el **capítulo 9**.

6. Integrar los análisis anteriores en propuestas de actuación concreta a desarrollar sobre el área de estudio.

En el **capítulo 12** se hace uso de los resultados obtenidos en los objetivos específicos anteriores y se realiza una propuesta de actuaciones a realizar en la comarca con el fin de optimizar la defensa contra incendios en Tierras Altas.

7. Establecer los medios necesarios para el seguimiento de dichas actuaciones.

El último objetivo específico del Plan es establecer un sistema de seguimiento de las actuaciones que permita verificar si las actividades planificadas se están desarrollando de forma correcta, si es necesario realizar actividades alternativas y medir el éxito que están teniendo las actividades desarrolladas. Este objetivo se desarrolla en el **capítulo 14**.



## **4 ÁMBITO DE APLICACIÓN Y VIGENCIA**

El ámbito territorial del presente plan es el de la Comarca de Tierras Altas. Se aplicará a los terrenos que tengan la consideración legal de monte, a las zonas de influencia forestal, y en las zonas de interfaz urbano-forestal.

El presente plan tiene una vigencia de 10 años desde su aprobación.

El ámbito geográfico es superior al de los planes de actuación de ámbito local, pero tiene un orden jerárquico inferior al de éstos. Lo recogido y planificado por los planes de actuación de ámbito local prevalece sobre lo dictaminado por el presente plan.

Debido a la mayor precisión de los documentos locales y al carácter obligatorio en las Zonas de Alto Riesgo, les confiere mayor rango jerárquico.

Debido a este motivo, este plan no perderá vigencia mientras no se apruebe unos planes de actuación de ámbito local.

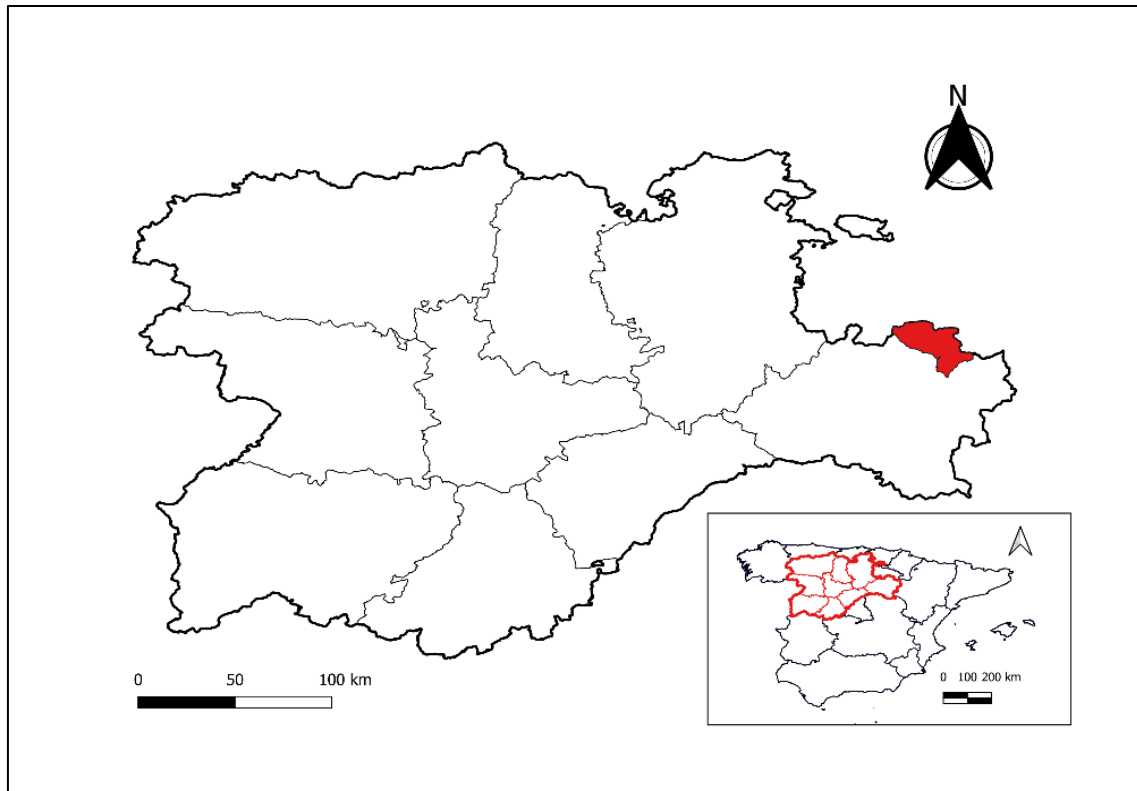
En las zonas en las cuales no se prevea la aprobación de planes de actuación de ámbito local, el presente plan será el documento de planificación en materia de defensa contra incendios forestales de mayor jerarquía.



## 5 DESCRIPCIÓN DE LA COMARCA

### 5.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ADMINISTRATIVA

La comarca de Tierras Altas está localizada en la provincia de Soria, englobando sierras y macizos de pequeña elevación del Norte de la provincia. (Figura 8)



*Figura 8. Localización de la zona objeto de estudio. Fuente IGN. Elaboración propia*

Los términos municipales que forman parte de la zona de estudio son: Las Aldehuelas, Cerbón, Cigudosa, Fuentes de Magaña, Magaña, Oncala, San Pedro Manrique, Santa Cruz de Yanguas, Suellacabras, Valdeprado, Valtajeros, Villar del Río, Vizmanos y Yanguas. (Figura 9).

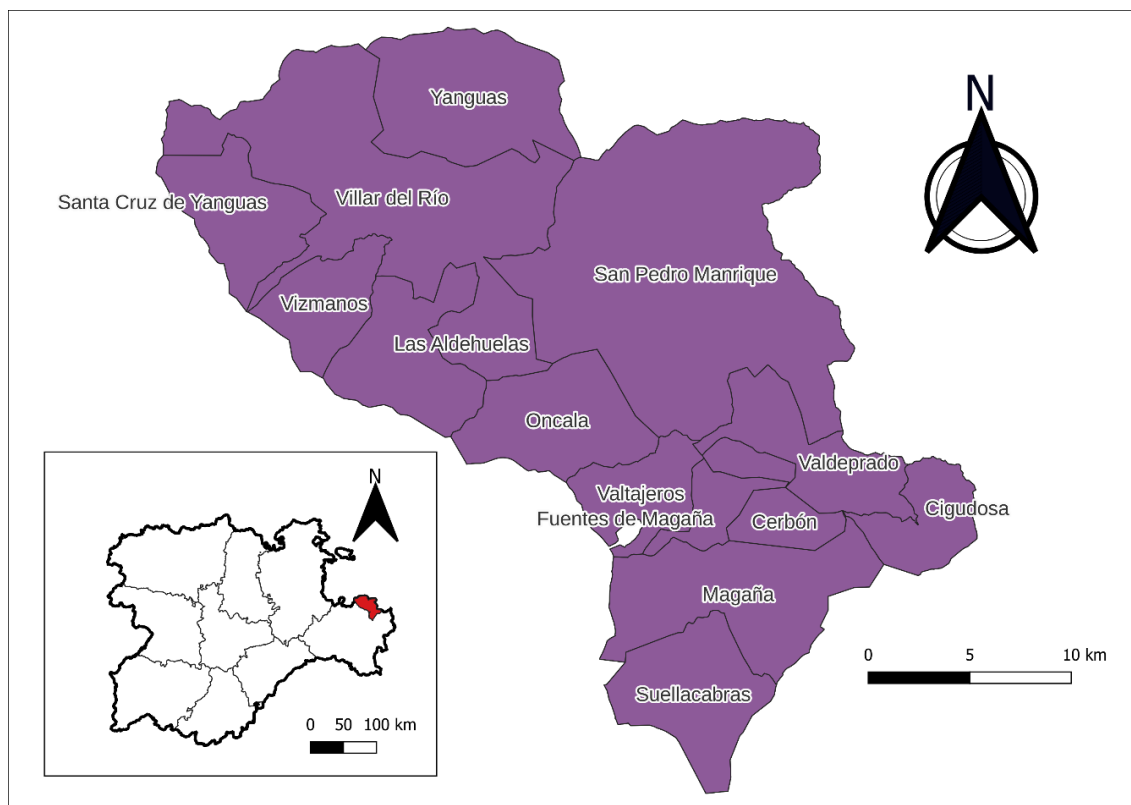


Figura 9. Términos municipales de la zona de estudio. Fuente IGN. Elaboración propia.

## 5.2 LÍMITES Y CABIDAS

La superficie completa de la zona de estudio de la comarca de Tierras Altas es de 695,88 Km<sup>2</sup>, distribuida en los siguientes términos municipales: (Tabla 3)

| Municipio             | Superficie Km <sup>2</sup> |
|-----------------------|----------------------------|
| Las Aldehuelas        | 37,79                      |
| Cerbón                | 18,02                      |
| Cigudosa              | 21,03                      |
| Fuentes de Magaña     | 11,22                      |
| Magaña                | 58,51                      |
| Oncala                | 39,92                      |
| San Pedro Manrique    | 176,2                      |
| Santa Cruz de Yanguas | 33,52                      |
| Suellacabras          | 39,19                      |
| Valdeprado            | 31,92                      |
| Valtajeros            | 22,93                      |
| Villar del Río        | 127,03                     |
| Vizmanos              | 24,31                      |
| Yanguas               | 54,29                      |
| TOTAL                 | 695,88                     |

Tabla 3. Superficie de los municipios de Tierras Altas. Elaboración propia.

Los límites de la comarca de Tierras Altas son:

- Limita al norte y oeste con las comarca riojana de Cameros.
- Limita al suroeste con la comarca de Almarza.
- Limita al noreste con comarca riojana de Arnedo.
- Limita al este con la comarca riojana del Alhama-Linares.
- Limita al sureste con la comarca de Tierra de Ágreda.
- Limita al sur con la comarca de Frentes (Soria).

Su centro comarcal es San Pedro Manrique.

La (Figura 10) muestra la distribución de superficies, en función de los datos del MFE de máxima actualidad. En la Tabla 4 se proporcionan las superficies para cada categoría y en la (Figura 11) el mapa de usos del suelo de la comarca.

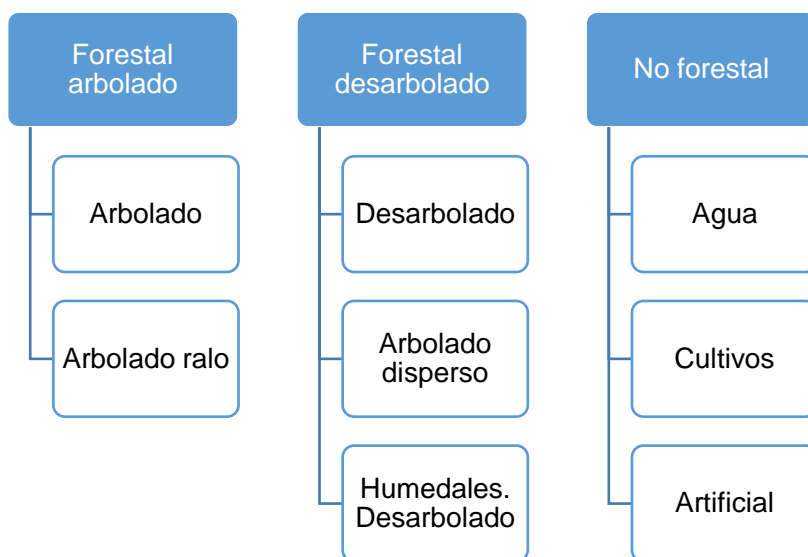
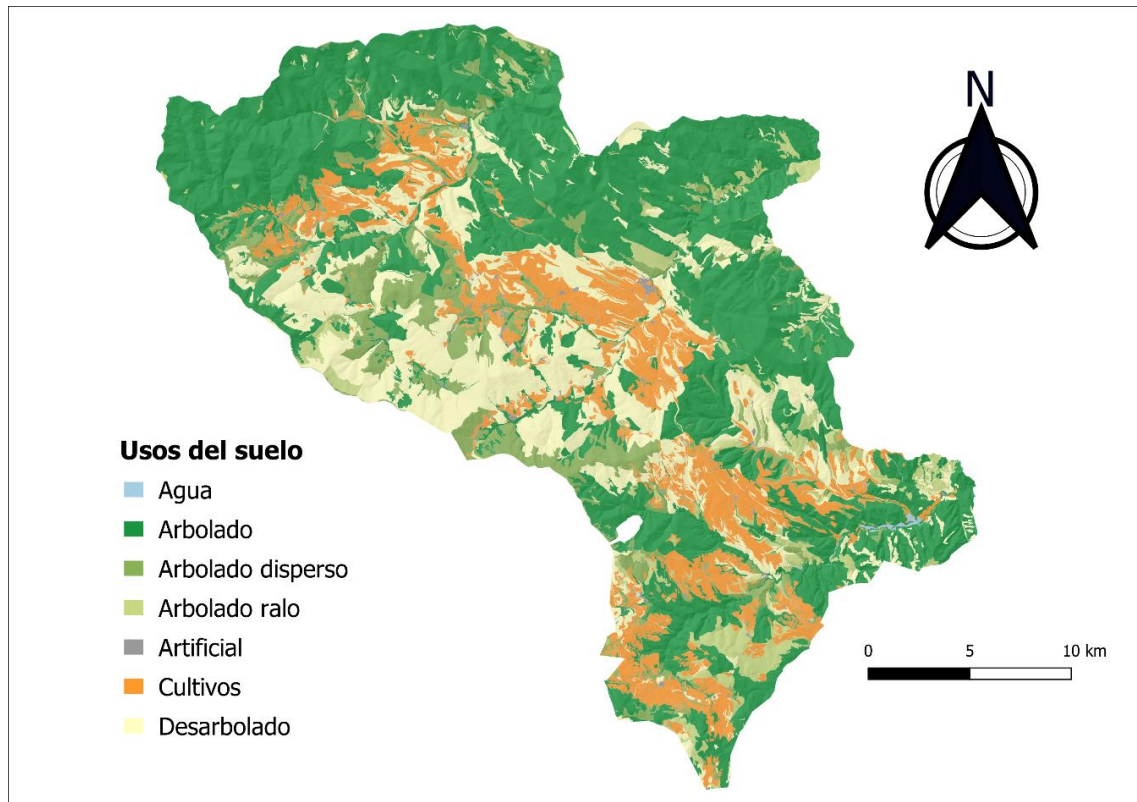


Figura 10. Distribución de superficies según el Mapa Forestal Español (MFE). Fuente Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

| Uso MFE           | Área (m <sup>2</sup> ) | Área (ha) | Porcentaje (%) |
|-------------------|------------------------|-----------|----------------|
| Desarbolado       | 136.028.148,17         | 13602,81  | 19,55          |
| Agua              | 1.239.762,26           | 123,98    | 0,18           |
| Artificial        | 4.801.873,11           | 480,19    | 0,69           |
| Cultivos          | 106.404.236,63         | 10640,42  | 15,29          |
| Arbolado disperso | 65.659.247,08          | 6565,92   | 9,44           |
| Arbolado ralo     | 37.637.687,66          | 3763,77   | 5,41           |
| Arbolado          | 344.096.394,66         | 34409,64  | 49,45          |

Tabla 4. Superficie según MFE de máxima actualidad. Castilla y León. Fuente Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

La superficie está dominada por tierras forestales que suponen el 83,84% de la comarca y agrícolas, 15,29% de la superficie total.



*Figura 11. Usos del suelo. Elaboración propia basada en datos de Mapa Forestal de España. Fuente Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.*

## 5.3 MEDIO FÍSICO

### 5.3.1 RELIEVE

La altitud de la zona de estudio oscila entre los 687 m y los 1.786 m. (Figura 12). Entre las formaciones más relevantes, cabe destacar: Sierra de Montes Claros, Sierra de la Ballenera, Sierra del Hayedo de Enciso, Sierra de San Miguel, Sierra de las Cabezas, Sierra de Arriba y Sierra Mediana. La zona de estudio presenta zonas de altas pendientes en el norte y este y pendientes más suaves en el centro, sur y oeste (Figura 13). Las orientaciones alternan, si bien las sierras de la zona de estudio tienen una orientación suroeste-noreste que hace que orientaciones noroeste y sureste sean las más dominantes (Figura 14).

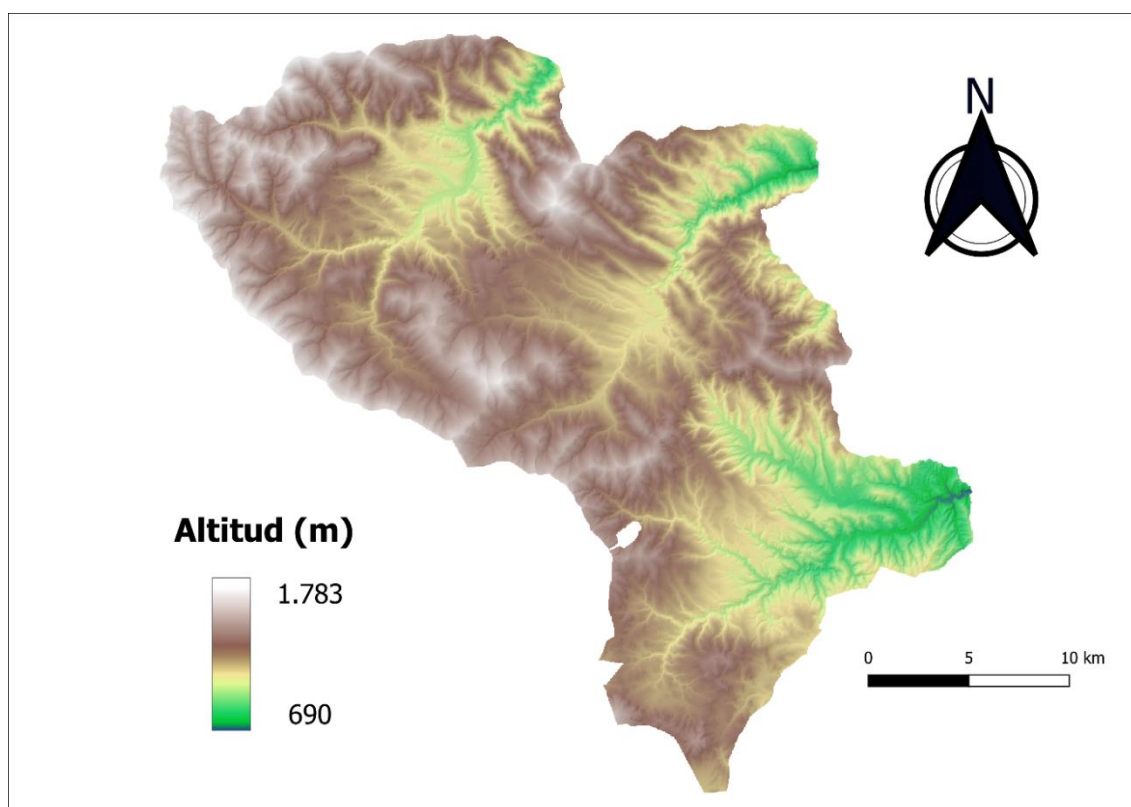


Figura 12. Orografía de la comarca. Fuente IGN. Elaboración propia.

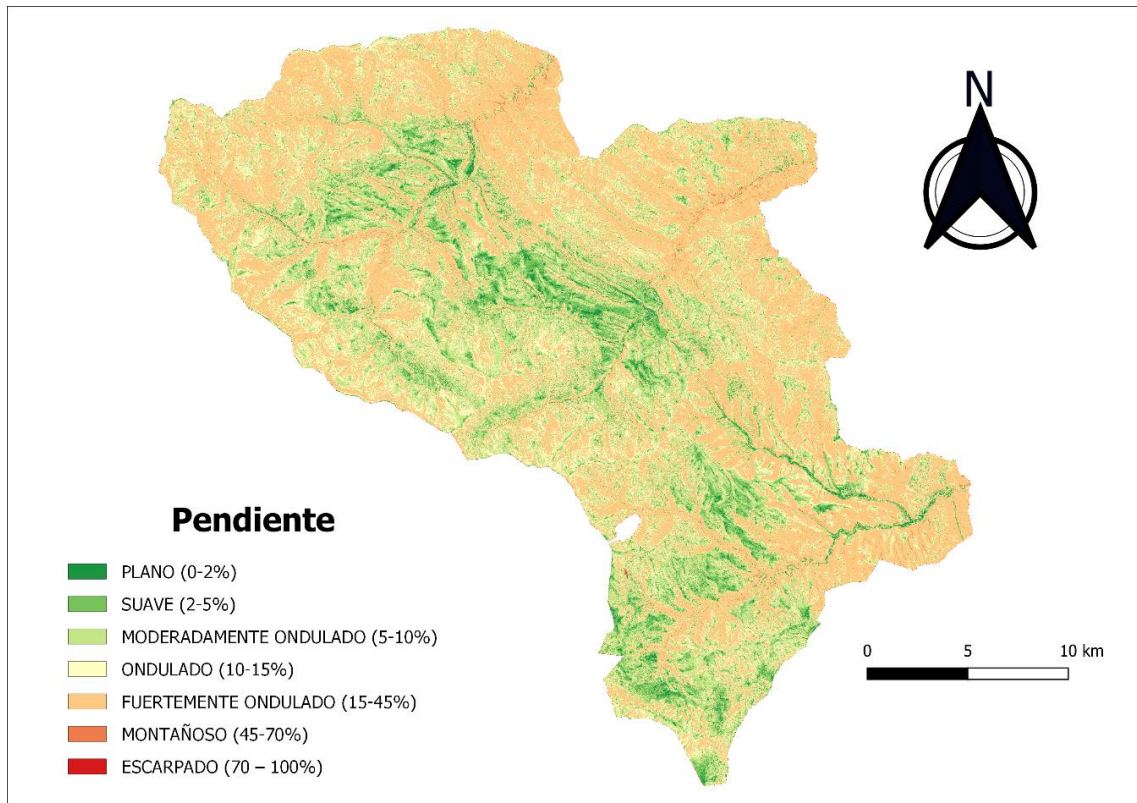


Figura 13. Pendiente de la comarca. Fuente IGN. Elaboración propia.

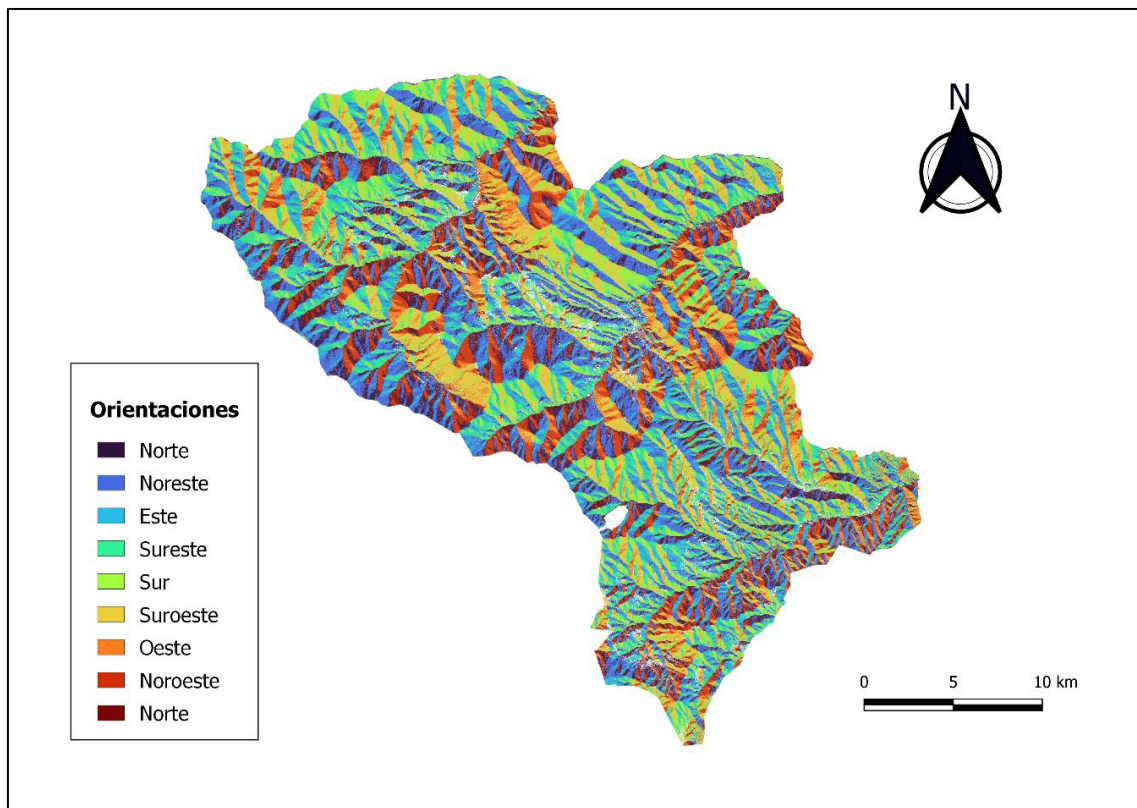


Figura 14. Orientaciones de la comarca. Fuente IGN. Elaboración propia.



### 5.3.2 LITOLOGÍA

Litológicamente, la zona de estudio está integrada de modo básico por calizas, areniscas, pelitas y conglomerados (Figura 15).

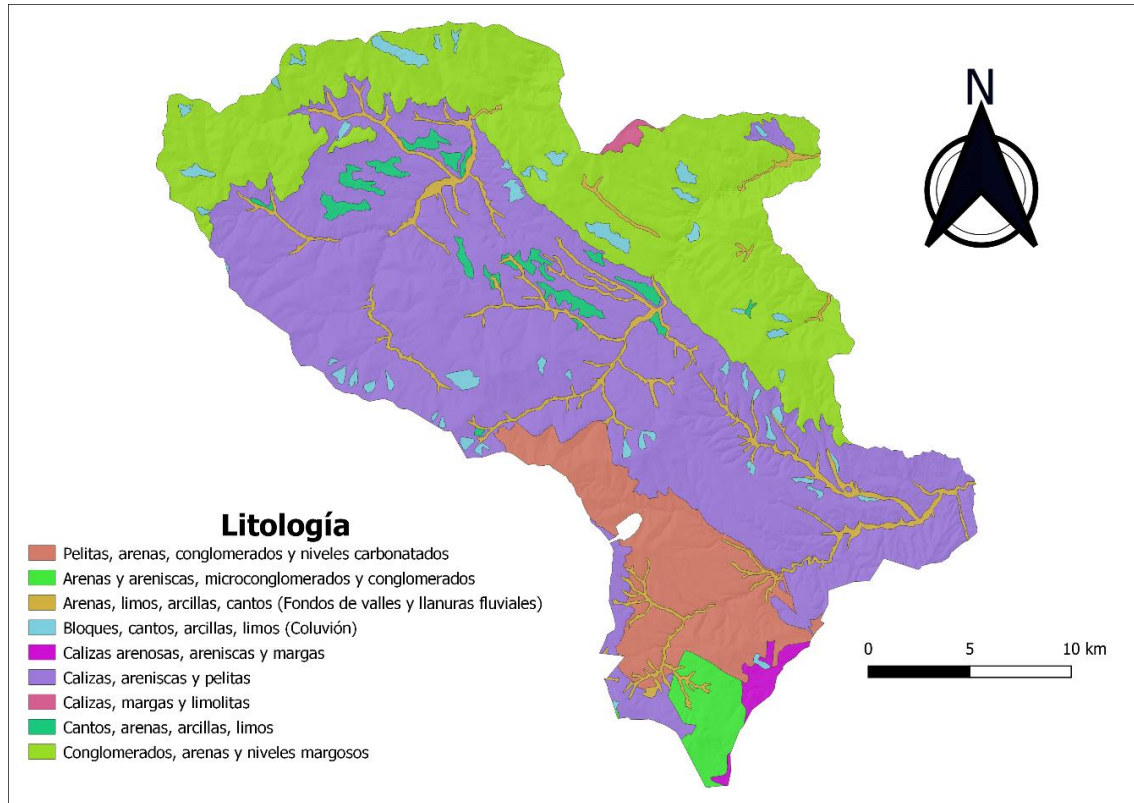


Figura 15. Representación de la litología en la comarca. Fuente: Junta Castilla y León. Elaboración propia.

### 5.3.3 HIDROLOGÍA

La zona de objeto de planificación se localiza entre las cuencas hidrográficas del Ebro y del Duero, en su parte sur. La distribución de superficie por cuencas hidrográficas se indica en la (Tabla 5) y en la (Figura 16). En la (Figura 17) se muestra la red de ríos y arroyos de la comarca de Tierras altas.

| Cuenca | Sup(ha)   | Sup(%) |
|--------|-----------|--------|
| Ebro   | 67.683,78 | 97,25  |
| Duero  | 1.902,95  | 2,75   |

Tabla 5. Superficie de las cuencas hidrográficas. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

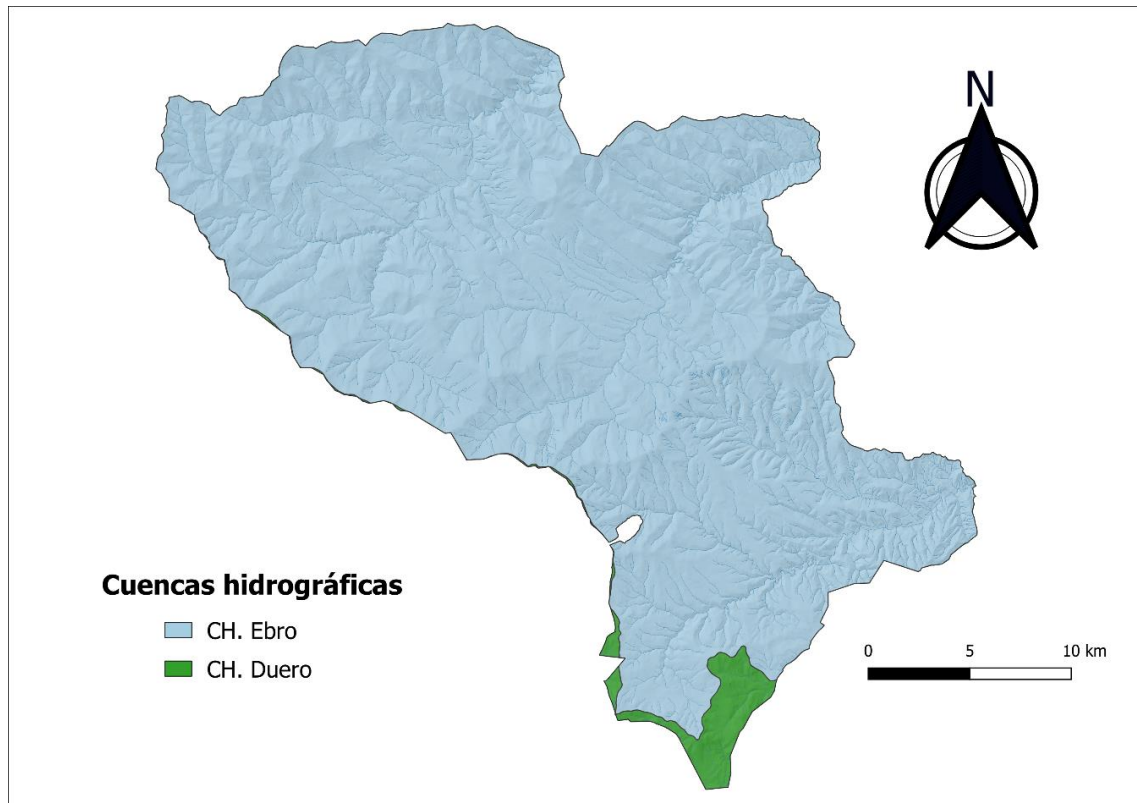


Figura 16. Cuencas hidrográficas. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

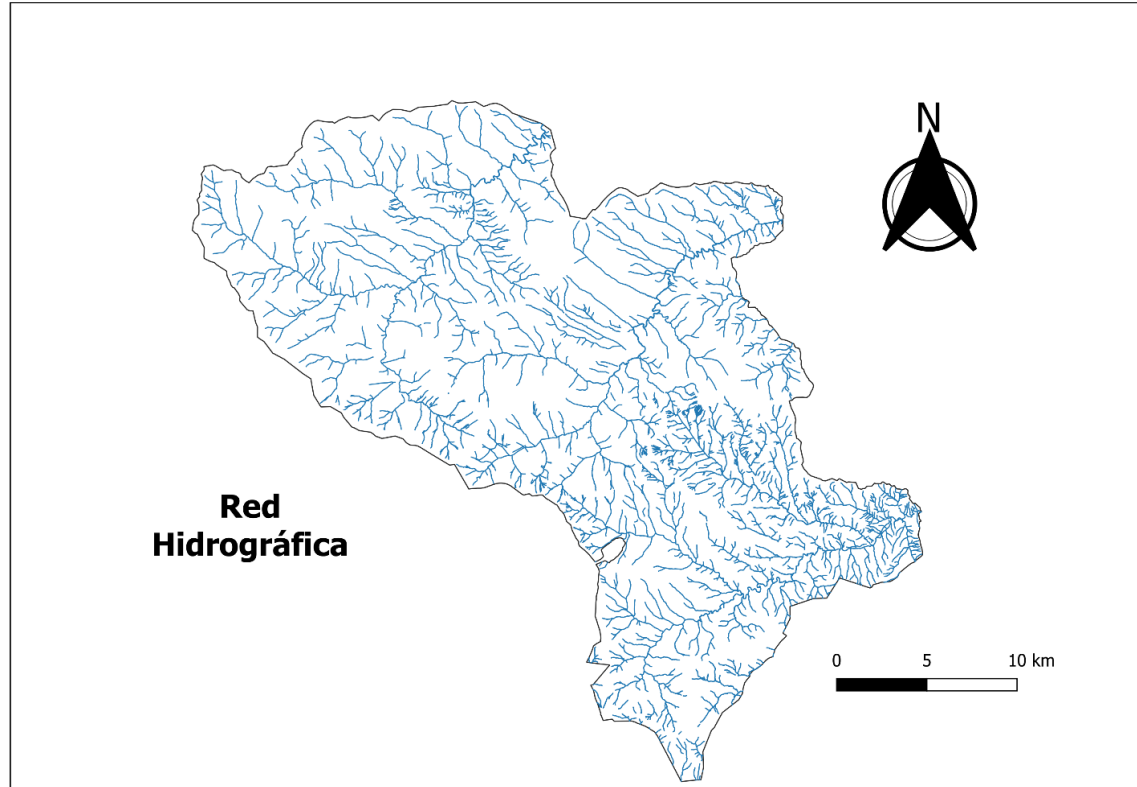


Figura 17. Red Hidrográfica. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

### 5.3.4 EDAFOLOGÍA

Los suelos dominantes son de poca profundidad, dominando los leptosoles. Suelos más desarrollados como cambisoles también aparecen en la zona de estudio, pero en menor proporción (Tabla 6 y Figura 18).

| <b>Código</b> | <b>Asociación</b>                                 | <b>Inclusión</b>                                                      | <b>Superficie(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Superficie(%)</b> |
|---------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 113           | (CMc) Cambisol calcárico + (LPm) Leptosol móllico | (LPq) Leptosol lítico                                                 | 19814279,57                      | 2,852                |
| 110           | (CMc) Cambisol calcárico + (RCe) Regosol eútrico  | (LPm) Leptosol móllico + LPq) Leptosol lítico + (LVh) Luvisol háplico | 32742,246                        | 0,005                |
| 18            | (LPq) Leptosol lítico + (LPu) Leptosol úmbrico    | (CMu) Cambisol húmico                                                 | 10958246,73                      | 1,577                |
| 37            | (LPu) Leptosol úmbrico + (LPq) Leptosol lítico    | (CMu) Cambisol húmico + (CMg) Cambisol gléico                         | 181662684                        | 26,145               |
| 85            | (CMu) Cambisol húmico + (LPu) Leptosol úmbrico    | (LPq) Leptosol lítico + (CMe) Cambisol eútrico                        | 214599486,5                      | 30,885               |
| 40            | (LPu) Leptosol úmbrico + (CMu) Cambisol húmico    | (LPq) Leptosol lítico                                                 | 106138640,6                      | 15,276               |
| 31a           | (LPm) Leptosol móllico + (CMc) Cambisol calcárico | (LPq) Leptosol lítico + (RGe) Regosol eútrico                         | 93971156,91                      | 13,524               |
| 31            | (LPm) Leptosol móllico + (LPq) Leptosol lítico    | (CMc) Cambisol calcárico                                              | 67646515,15                      | 9,736                |

Tabla 6. Superficie por asociación. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia.

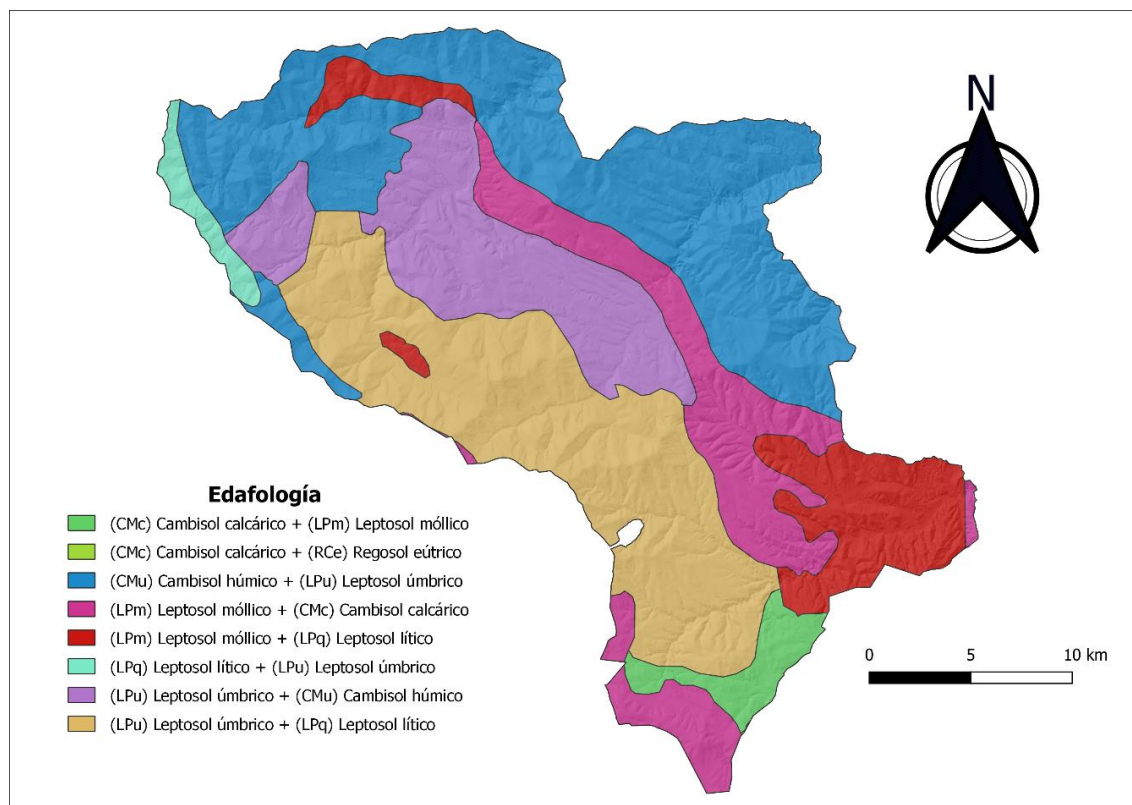


Figura 18. Edafología. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia.

### 5.3.5 CLIMATOLOGÍA

Uno de los factores ecológicos de mayor repercusión tiene en la distribución de las especies vegetales es el factor clima. Con el fin de clasificar el clima de la zona se ha seleccionado una estación meteorológica colindante atendiendo a las siguientes consideraciones como un orden de prioridad:

- Cercanía a la zona de estudio.
- Poca diferencia de altitud para reducir los errores derivados de las correcciones por altitud.
- Misma situación orográfica.
- Número de años observados (10 años como mínimo).

La estación seleccionada es la estación localizada en Soria capital. Esta estación tiene un registro termo-pluviométrico de más de 30 años. Podemos ver las características de la estación meteorológica en la siguiente tabla. (Tabla 7).

| Nombre estación | Altitud (m) | Tipo de datos       | Nº de años seleccionados | X          | Y           |
|-----------------|-------------|---------------------|--------------------------|------------|-------------|
| Soria           | 1082        | Termopluviométricos | 31                       | 542964.622 | 4625005.984 |

Tabla 7. Estaciones meteorológicas seleccionadas. Fuente AEMET. Elaboración propia.

La comarca posee una altura media de 1235 metros por lo que tiene una diferencia de altitud de 153 metros con la estación de Soria. Se aplicarán los siguientes gradientes para las temperaturas y precipitaciones en función de la altitud (Tabla 8):

| Tª °/100 m. | P en %/100 m. |
|-------------|---------------|
| 0,65        | 6,00          |

Tabla 8. Corrección de Temperatura y humedad en función de la altura. Fuente AEMET. Elaboración propia.

Los principales datos meteorológicos mensuales de la zona de estudio aparecen considerados en la siguiente tabla (Tabla 9):

|                          | ene   | feb   | mar   | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic   |
|--------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>P (mm)</b>            | 40.4  | 39.3  | 32.8  | 60.0 | 73.2 | 43.7 | 32.8 | 32.8 | 36.1 | 60.0 | 54.6 | 54.6  |
| <b>T media (°C)</b>      | 2.2   | 3.3   | 6.1   | 7.7  | 11.5 | 16.2 | 19.5 | 19.3 | 15.4 | 10.6 | 5.7  | 3.0   |
| <b>T media máx. (°C)</b> | 6.7   | 8.6   | 12.2  | 13.6 | 17.7 | 23.6 | 27.7 | 27.3 | 22.6 | 16.4 | 10.5 | 7.4   |
| <b>T media mín. (°C)</b> | -2.3  | -2.0  | 0.0   | 1.8  | 5.2  | 8.9  | 11.4 | 11.2 | 8.3  | 4.8  | 0.9  | -1.4  |
| <b>T máx. (°C)</b>       | 20.0  | 23.2  | 25.4  | 19.4 | 32.7 | 37.9 | 38.7 | 38.5 | 36.4 | 30.6 | 25.0 | 20.5  |
| <b>T mín. (°C)</b>       | -14.0 | -14.0 | -12.8 | -5.6 | -4.0 | 0.0  | 1.2  | 1.0  | -1.2 | -4.2 | -9.6 | -15.0 |

Siendo P la precipitación y T la temperatura

Tabla 9. Datos meteorológicos. [4]

T: temperatura media; M: temperatura media de las máximas; m: temperatura media de las mínimas; P: precipitación media. En las (Tabla 10 y Tabla 11) se presentan los valores climáticos medios, de temperaturas y precipitaciones para la zona de estudio:

| VARIABLE                                                         | VALOR                         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Temperatura media anual</b>                                   | 10.04 °C                      |
| <b>Mes más frío</b>                                              | 2.20 °C<br>Enero              |
| <b>Mes más cálido</b>                                            | 19.50 °C<br>Julio             |
| <b>Tª media de las mínimas del mes más frío</b>                  | -2.30 °C                      |
| <b>Tª media de las máximas del mes más cálido</b>                | 27.70 °C                      |
| <b>Oscilación media anual de Tª</b>                              | 17.3 °C                       |
| <b>Meses con Tª media inferior a 6°C</b>                         | Ene, Feb, Nov y Dic.          |
| <b>Meses de helada probable (Tº Min&gt;0<br/>Tªmin abs&lt;0)</b> | Mar, Abr, May, Sep, Oct y Nov |
| <b>Meses de helada seguro (Tº Min&lt;0)</b>                      | Ene, Feb y Dic                |
| <b>Precipitación total anual</b>                                 | 560.09 mm                     |

Tabla 10. Régimen térmico. Fuente AEMET. Elaboración propia.

| VARIABLE                                   | VALOR           |
|--------------------------------------------|-----------------|
| Mes más lluvioso                           | May             |
| Mes más seco                               | Mar, Jul y Ago. |
| Precipitaciones en invierno (Ene-Feb-Mar)  | 112.46          |
| Precipitaciones en primavera (Abr-May-Jun) | 176.87          |
| Precipitaciones en verano (Jul-Ago-Sept)   | 101.54          |
| Precipitaciones en otoño (Oct-Nov-Dic)     | 169.23          |

Tabla 11. Régimen pluviométrico. Fuente AEMET. Elaboración propia.

En la siguiente figura podemos ver la distribución estacional de las precipitaciones. (Figura 19)

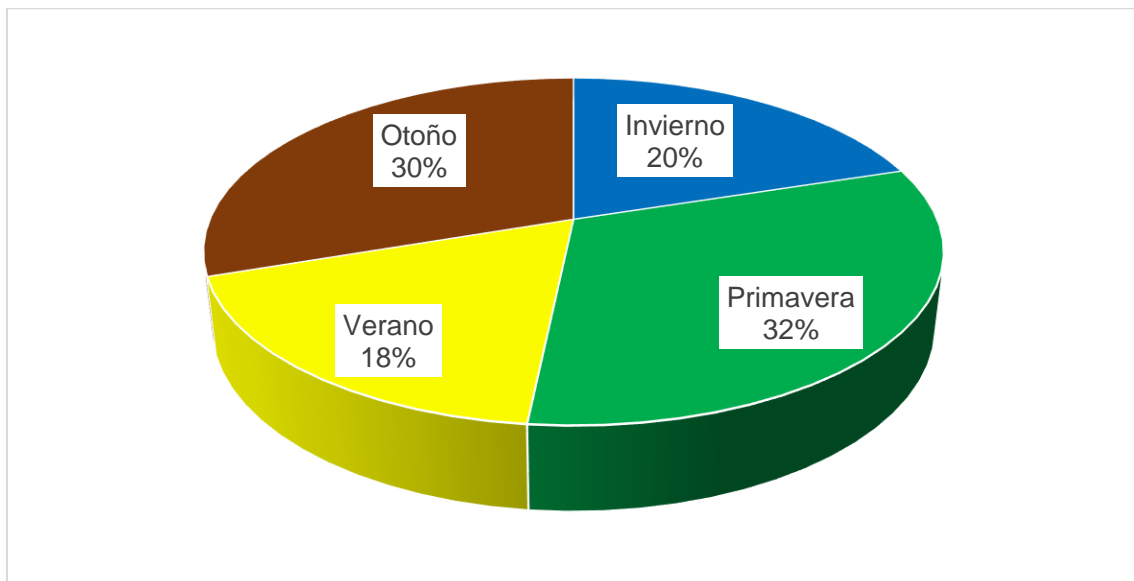


Figura 19. La distribución estacional de las precipitaciones. Fuente AEMET. Elaboración propia.

En la siguiente tabla podemos observar el periodo vegetativo, que incluye los meses de actividad vegetativa plena y los meses de parón vegetativo por frío o por aridez. (Tabla 12).

| VARIABLE                                                   | VALOR                    |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Meses de parón vegetativo por frío ( $T^a < 6^{\circ} C$ ) | Ene- Feb- Nov-Dic.       |
| Meses de parón vegetativo por aridez ( $P < 2T^a$ )        | Jul- Ago                 |
| Meses de actividad vegetativa plena*                       | Mar-Abr-May- Jun-Sep-Oct |

\*Meses en lo que la línea de precipitaciones se encuentra por encima del doble de temperaturas, siempre que ésta sea mayor de 6°C

Tabla 12. Periodo vegetativo. Fuente AEMET. Elaboración propia.

Los climodiagramas de Walter–Lieth se basan en el criterio de Gausson. Se establece que cuando la precipitación sea inferior al doble del valor de la temperatura, el mes será seco. El eje de abscisas será el tiempo medido en meses y el eje de ordenadas serán las precipitaciones mensuales y las temperaturas medias (escala doble). Se reduce la escala de las precipitaciones en proporción 1/10 y se rellena con un color oscuro cuando superen los 100 mm. (Figura 20). [5]

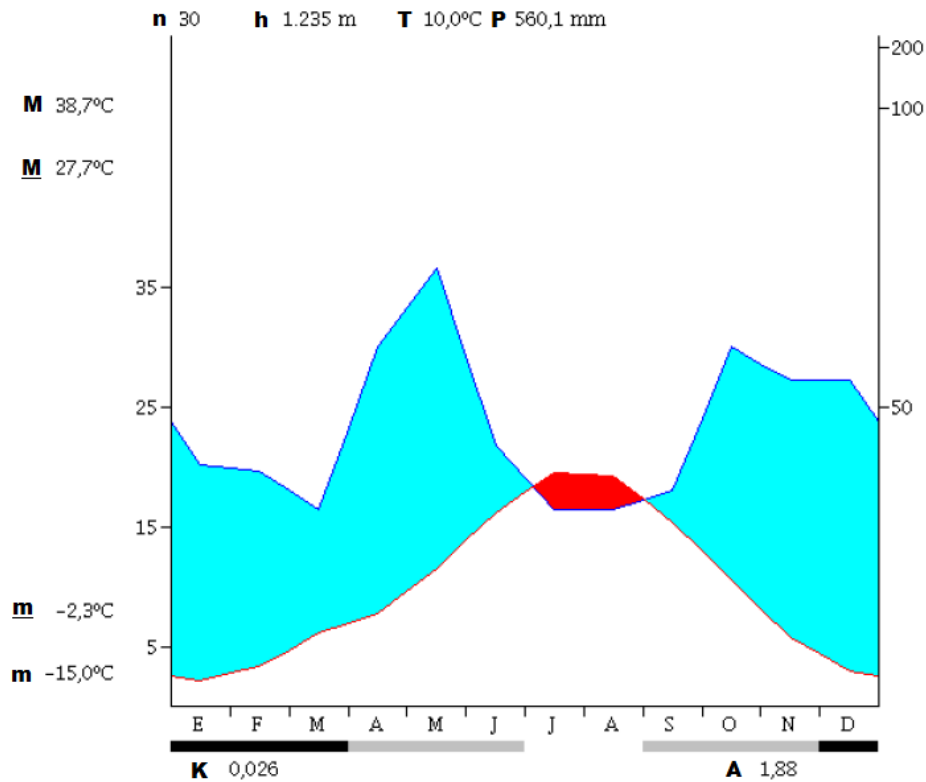


Figura 20. Climodiagrama de Walter-Lieth. [4]

- n: Número de años observados
- h: Altitud sobre el nivel del mar en m
- T: Temperatura media anual en °C
- P: Precipitación anual en mm
- M: Temperatura máxima absoluta en °C
- M: Temperatura media de las máximas del mes más cálido en °C
- m: Temperatura media de las mínimas del mes más frío en °C
- m: Temperatura mínima absoluta en °C
- K: Razón área seca/área húmeda

- A:Tiempo expresado en meses en el que la línea de precipitaciones se halla por debajo de la de temperaturas

Podemos deducir del climodiagrama 5 parámetros:

1.- **Intervalo de sequía:** Meses en los que la línea de temperaturas se encuentra por encima que la línea de precipitaciones. En nuestra zona es de 1.88 meses.

2.- **Intensidad de la sequedad:** Resultado obtenido al dividir el área seca entre el área húmeda. En nuestra zona la intensidad de la sequedad es igual a 0.026

3.- **Intervalo de helada segura:** Meses en los cuales la temperatura mínima media es inferior a 0°C. Se representa con banda negra inferior En nuestro caso de estudio sería 6.

4.- **Intervalo de helada probable:** Meses los cuales la temperatura mínima media es superior a 0°C y la temperatura mínima absoluta es inferior a 0°C. En nuestra zona el intervalo de helada segura es 6.

5.- **Periodo vegetativo:** Meses en los que temperatura es mayor de 6°C y la línea de temperaturas se encuentra por debajo de la línea de precipitaciones. En nuestro caso, el periodo vegetativo será de 6.12

Según la clasificación de Rivas Martínez [6], corresponde a la región mediterránea y Piso supramediterráneo. Según la clasificación de Allué [7], se trata de clima nemorales y oroborealoides. El siguiente mapa muestra la distribución de superficie por subtipos fitoclimáticos.(Figura 21)

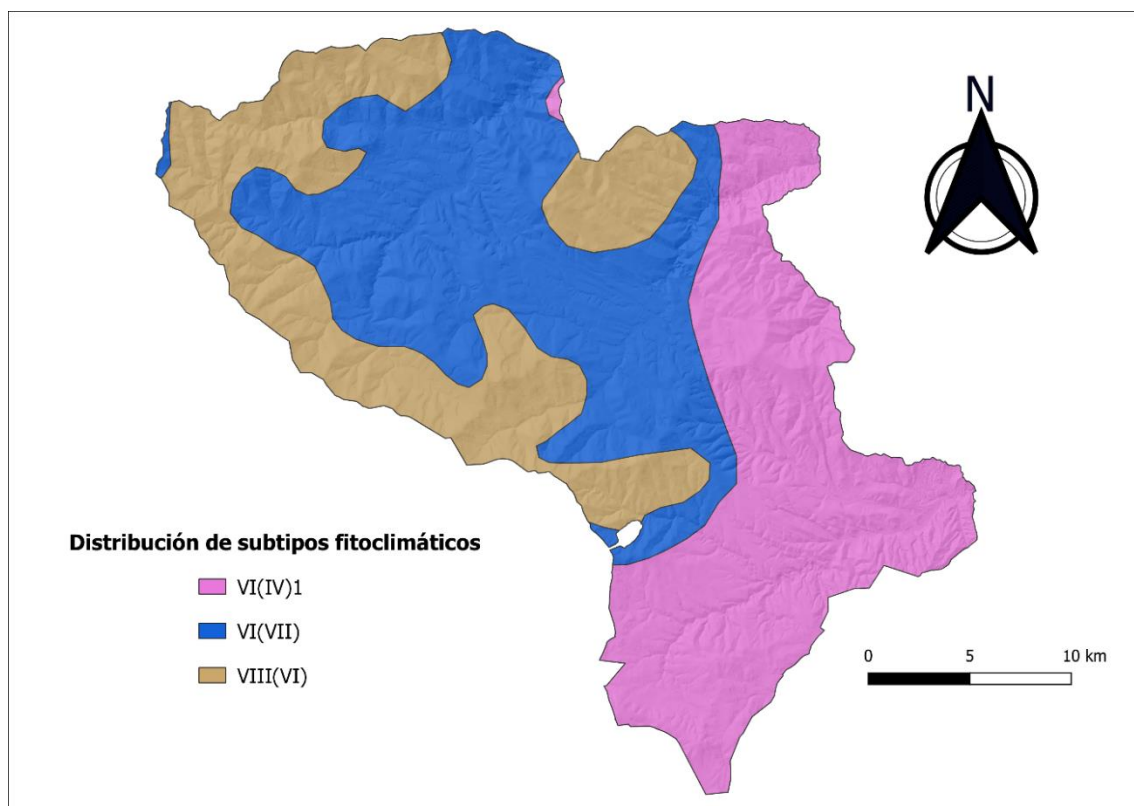


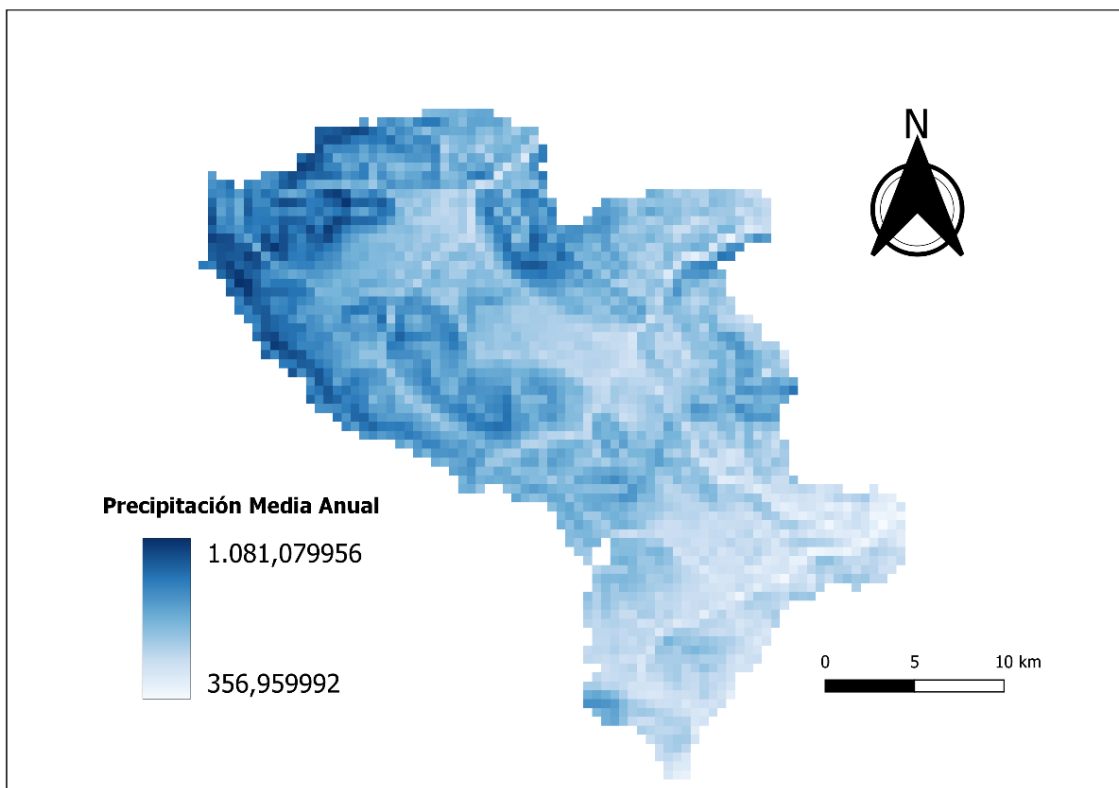
Figura 21. Distribución de subtipos fitoclimáticos. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.



Como se aprecia, toda la superficie está clasificada dentro del tipo Mediterráneo, con tres subtipos: VI(IV)1, VI(VII) y VIII(VI).

### **Precipitación en el espacio**

La zona de estudio presenta una gran variabilidad espacial en lo que se refiere a precipitaciones, con grandes diferencias entre el sur de la comarca y las zonas del norte de mayor elevación, que acumulan más del doble de precipitación a lo largo del año (Figura 22), y aproximadamente el doble de precipitación durante los meses de verano (Figura 23). También podemos observar una gran variabilidad en el número de días de precipitación anual. (Figura 24).



*Figura 22. Precipitación Media Anual. Fuente AEMET. Elaboración propia.*

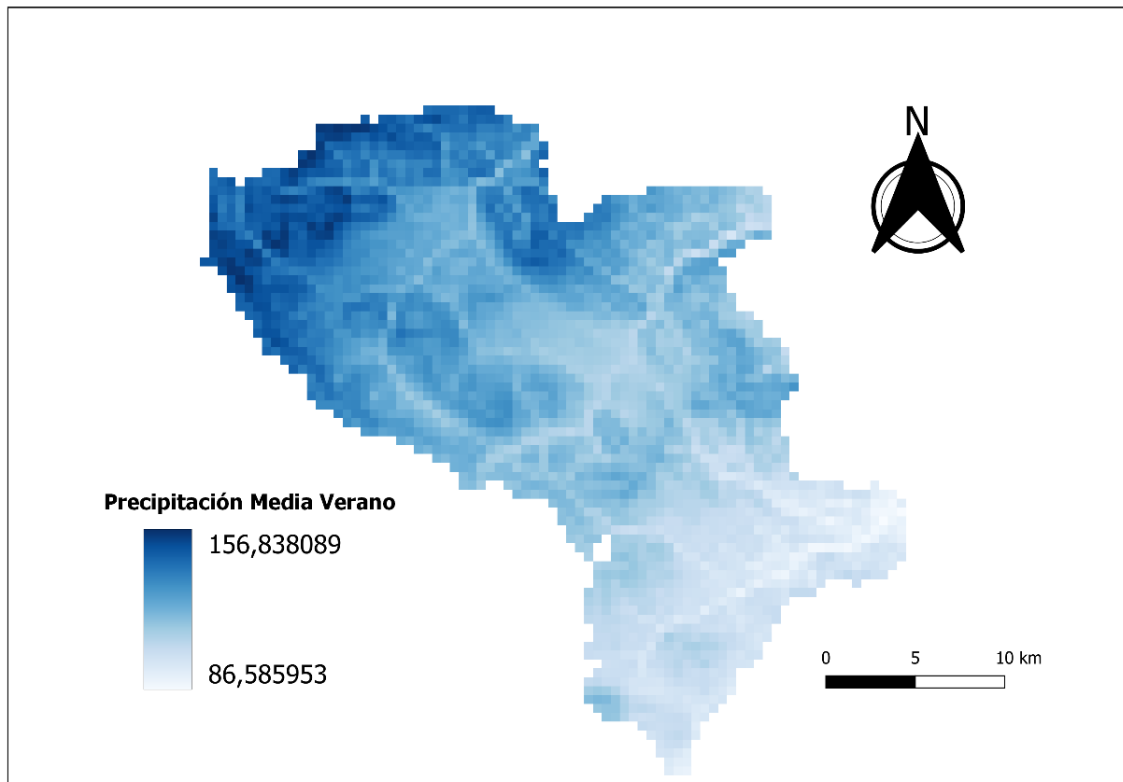


Figura 23. Precipitación Media Verano. Fuente AEMET. Elaboración propia.

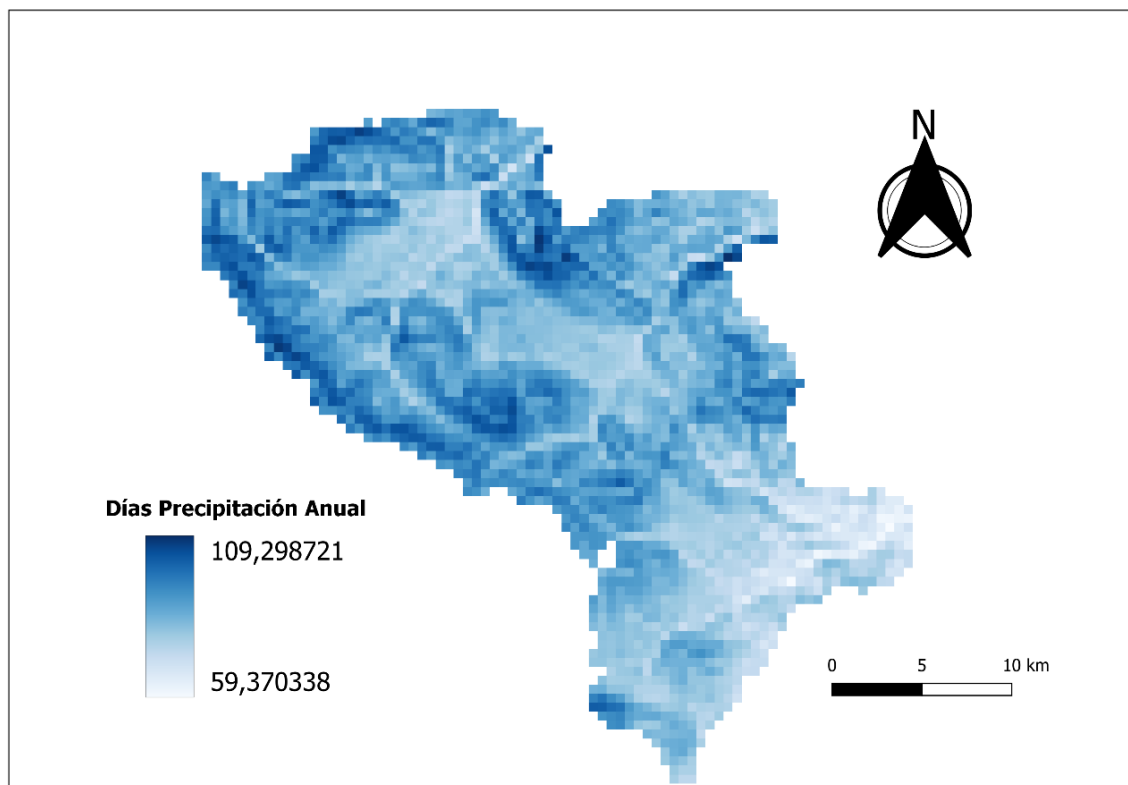


Figura 24. Días de precipitación al año. Fuente AEMET. Elaboración propia.

### Temperatura en el espacio

La zona de estudio presenta unas grandes variaciones en la temperatura media anual. Podemos observar que, en las cotas más altas la temperatura media anual es la mitad que en las cotas más bajas. (Figura 25)

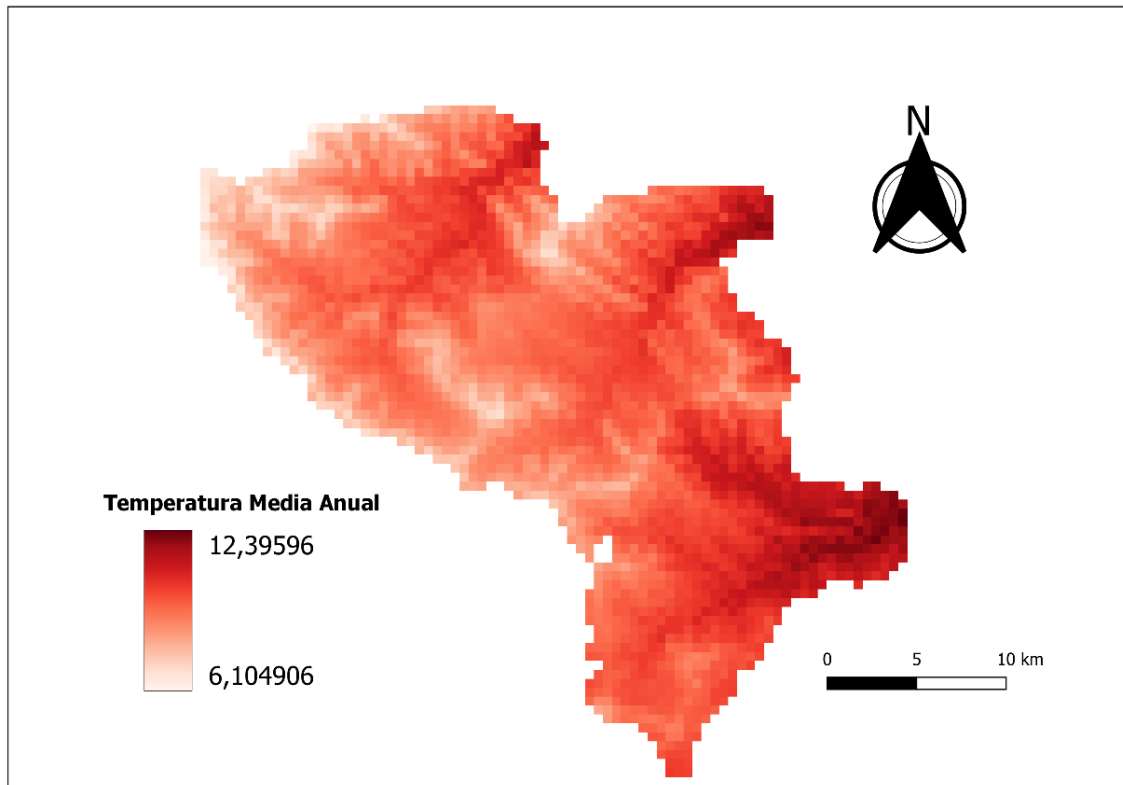


Figura 25. Temperatura Media Anual. Fuente AEMET. Elaboración propia.

### Humedad y evapotranspiración

En la siguiente tabla podemos ver la variación de la humedad relativa a lo largo del año. (Tabla 13)

|            | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Humedad(%) | 80 %  | 74 %    | 67 %  | 66 %  | 61 % | 53 %  | 46 %  | 46 %   | 55 %       | 66 %    | 78 %      | 77 %      |

Tabla 13. Humedad relativa. Fuente AEMET. Elaboración propia.

Analizando los datos, se observa que la humedad relativa máxima oscila entre valores del 46% en los meses de verano a valores del 80% en meses de invierno. Se podría decir que

la mayoría de los días hay recuperaciones nocturnas. La entrada de aire caliente del sur provoca la no recuperación de humedades nocturnas.

Hay mucha variación de la humedad relativa entre las zonas montañosas y llanas. Las zonas montañosas sufren menor calentamiento y los combustibles herbáceos pierden más despacio la humedad.

Para el cálculo de la ficha y el balance hídricos se han introducido los datos de AEMET en una aplicación de Jesús Lago Macía. [4] (Tabla 14 y Figura 26)

La evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua que se devuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración cuando tenemos todo el suelo cubierto por vegetación y no existe déficit de agua. [8]

Según la clasificación del clima de Thornthwaite [9] que se basa en un balance hídrico. Es el resultado de comparar las evapotranspiraciones mensuales con las precipitaciones. Se base en las siguientes hipótesis.

1. Si en un mes la precipitación es mayor que las evapotranspiración, habrá superávit de agua y la evapotranspiración real coincidirá con evapotranspiración. El sobrante se quedará en el suelo si no ha completado su capacidad de retención o se drenará.
2. Si en un mes la precipitación es igual que las evapotranspiración, la evapotranspiración real coincidirá con evapotranspiración y no habrá drenaje ni variará la reserva de agua.
3. Si en un mes la precipitación es menor que las evapotranspiración, la evapotranspiración real será menor que la evapotranspiración y la evapotranspiración real será la suma de la precipitación más una reducción de la reserva de humedad en el suelo.

Tras conocer las evapotranspiraciones potenciales mensuales, Thornthwaite [9] ideó la comparación éstas con las precipitaciones mensuales a través de una ficha hídrica.

|                     | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| <b>T media (°C)</b> | 2.2  | 3.3  | 6.1  | 7.7  | 11.5 | 16.2 | 19.5  | 19.3  | 15.4 | 10.6 | 5.7  | 3.0  |
| <b>ETP (mm)</b>     | 6.7  | 10.6 | 26.4 | 37.2 | 65.7 | 97.5 | 121.8 | 112.0 | 76.0 | 45.7 | 19.5 | 9.1  |
| <b>Pe (mm)</b>      | 24.2 | 23.6 | 19.7 | 36.0 | 43.9 | 26.2 | 19.7  | 19.7  | 21.6 | 36.0 | 32.8 | 32.8 |
| <b>R (mm)</b>       | 29.0 | 29.0 | 23.0 | 22.1 | 10.4 | 0.9  | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 13.2 | 29.0 |
| <b>ETR (mm)</b>     | 6.7  | 10.6 | 25.7 | 36.9 | 55.6 | 35.7 | 20.5  | 19.7  | 21.6 | 36.0 | 19.5 | 9.1  |
| <b>S (mm)</b>       | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 0.3  | 10.1 | 61.7 | 101.2 | 92.3  | 54.3 | 9.7  | 0.0  | 0.0  |
| <b>D (mm)</b>       | 17.6 | 13.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 7.8  |

Tabla 14. Ficha hídrica. [4].

Siendo:

- ETP la evapotranspiración potencial
- Pe la precipitación efectiva
- R la reserva de agua en el suelo
- ETR la evapotranspiración real
- S el déficit de agua
- D el exceso de agua

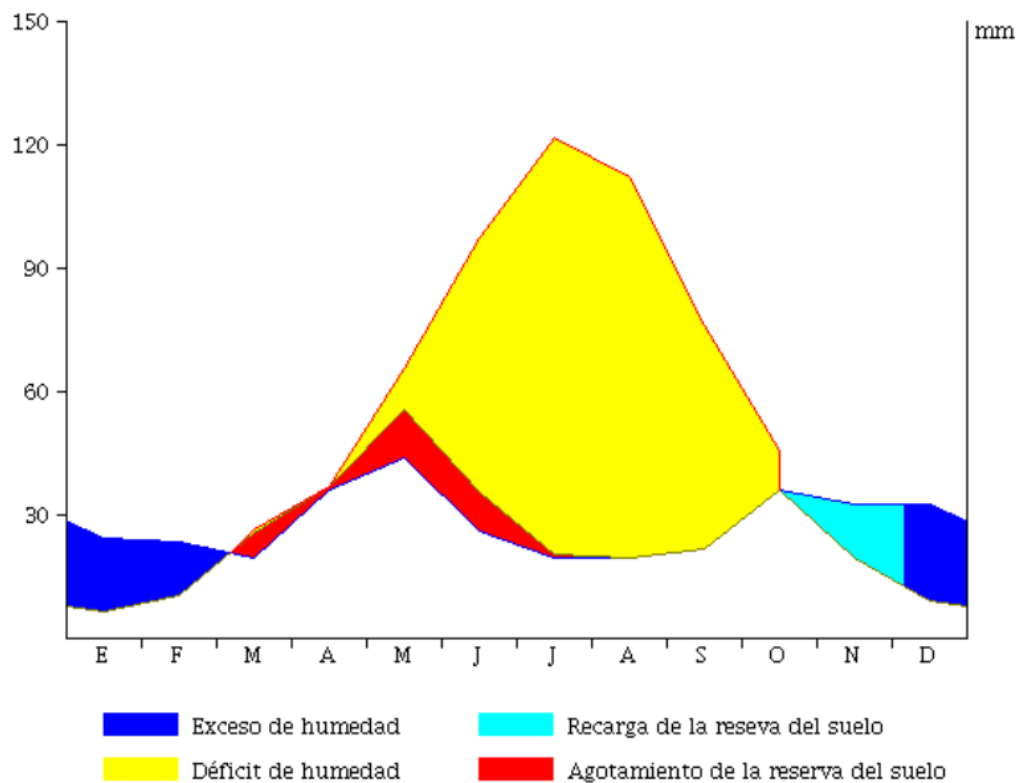


Figura 26. Representación balance hídrico. [4]

Parámetros deducibles de la ficha hídrica según la clasificación de Thornthwaite. [9] (Tabla 15):

### 1. Eficacia térmica del clima.(Figura 27)

La eficacia térmica del clima viene dada por el valor de la ETP anual en mm y permite diferenciar los siguientes tipos climáticos.

|                       |                      |        |
|-----------------------|----------------------|--------|
| $ETP \leq 142$        | Glacial              | $E'$   |
| $142 < ETP \leq 285$  | Tundra               | $D'$   |
| $285 < ETP \leq 427$  | Primer microtérnico  | $C'_1$ |
| $427 < ETP \leq 570$  | Segundo microtérnico | $C'_2$ |
| $570 < ETP \leq 712$  | Primer mesotérnico   | $B'_1$ |
| $712 < ETP \leq 855$  | Segundo mesotérnico  | $B'_2$ |
| $855 < ETP \leq 997$  | Tercer mesotérnico   | $B'_3$ |
| $997 < ETP \leq 1140$ | Cuarto mesotérnico   | $B'_4$ |
| $ETP > 1440$          | Megatérnico          | $A'$   |

Figura 27. Tipos climáticos de eficiencia térmica del clima según la clasificación de Thornthwaite. [9]

2. Índice hídrico: (Figura 28).

|                          |                |       |
|--------------------------|----------------|-------|
| $I_m > 100$              | Pérhumedo      | $A$   |
| $80 < I_m \leq 100$      | Húmedo         | $B_4$ |
| $60 < I_m \leq 80$       | "              | $B_3$ |
| $40 < I_m \leq 60$       | "              | $B_2$ |
| $20 < I_m \leq 40$       | "              | $B_1$ |
| $0 < I_m \leq 20$        | Subhúmedo      | $C_2$ |
| $-33,3 < I_m \leq 0$     | Seco subhúmedo | $C_1$ |
| $-66,0 < I_m \leq -33,3$ | Semiárido      | $D$   |
| $-100 < I_m \leq -66,0$  | Árido          | $E$   |

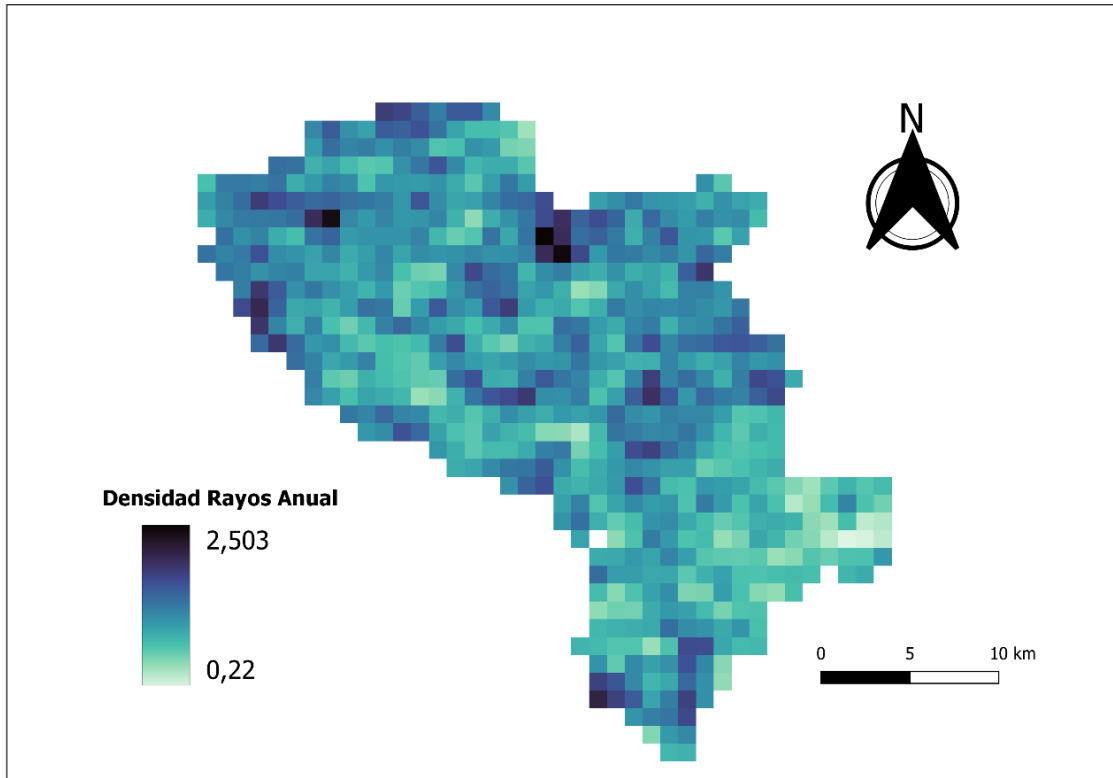
Figura 28. Tipos climáticos de índice hídrico según la clasificación de Thornthwaite. [9]

| Parámetro                                    | Valores                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------|
| Índice de humedad global                     | -46.5 (clima semiárido D)     |
| Eficacia Térmica del Clima Total Anual (mm)  | 628.2 (clima mesotérnico B'1) |
| Sequía Fisiológica Total (mm)                | 330.3                         |
| Evapotranspiración máxima posible anual (mm) | 297.6                         |
| Drenaje calculado anual (mm)                 | 38.4                          |

Tabla 15. Parámetros Hídricos. Elaboración propia. [4]

## **Rayos**

En la siguiente figura podemos ver la cantidad de rayos caídos anualmente en la comarca de Tierras Altas. (Figura 29)



*Figura 29. Densidad Rayos Anual. Fuente AEMET. Elaboración propia.*

## Viento

En lo que a viento se refiere, se muestra la rosa de los vientos para San Pedro Manrique. [10]. (Figura 30)

### Rosa de los vientos de SAN PEDRO MANRIQUE (SORIA) Datos de 2009 al 2011

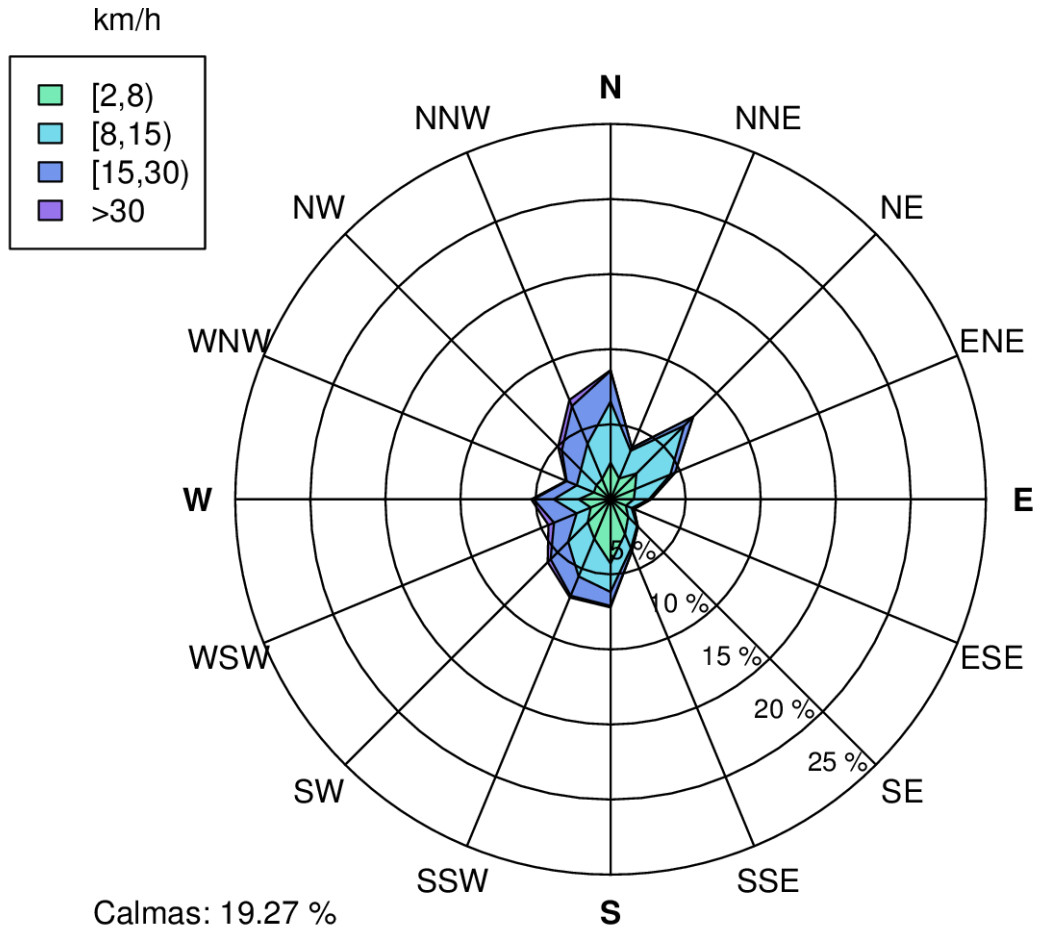


Figura 30. Rosa de los vientos. Fuente ITACyL

Se observa que la dirección de vientos más frecuente es Norte.



### Radiación solar

En la siguiente tabla podemos ver que los meses de más horas de sol son junio, julio y agosto. (Tabla 16). Y la zona sureste de la comarca es la que recibe mayor radiación solar.(Figura 31)

|                      | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|----------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Horas de sol (horas) | 4.7   | 5.5     | 6.8   | 8.0   | 10.2 | 11.9  | 12.5  | 11.5   | 9.6        | 7.1     | 4.8       | 4.7       |

Tabla 16. Horas de sol anual. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

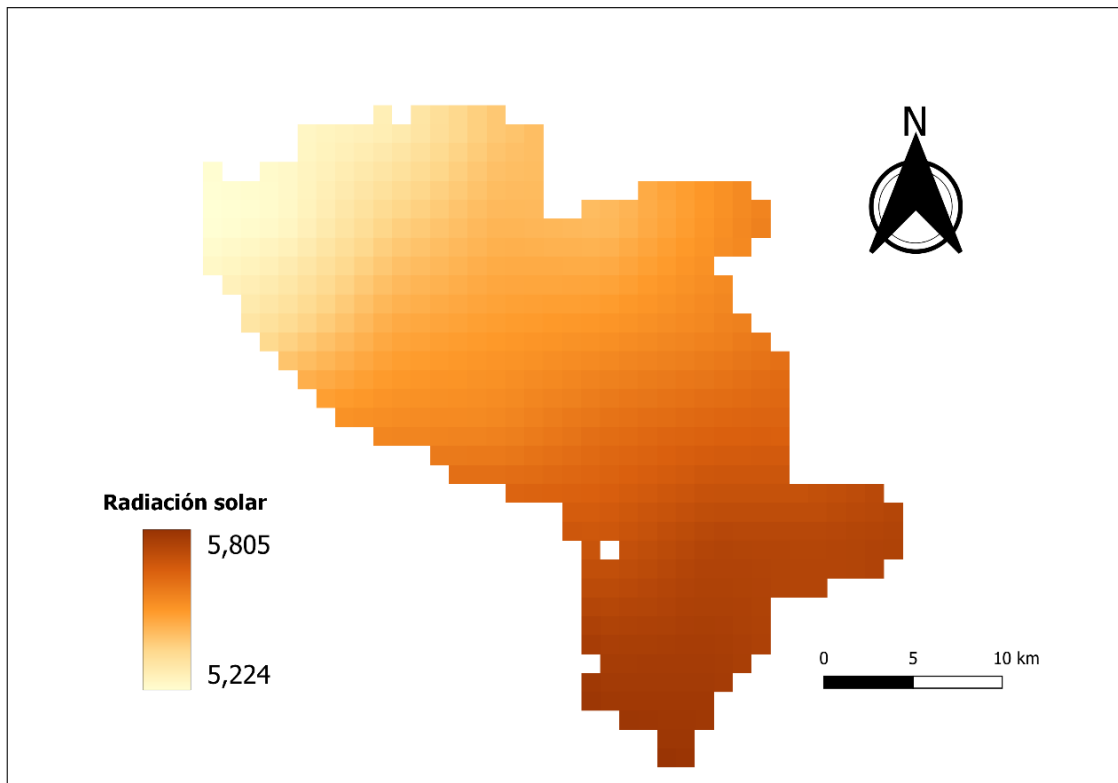


Figura 31. Radiación solar. Fuente AEMET. Elaboración propia.

## 5.4 MEDIO NATURAL

La zona objeto de estudio se enmarca, según la biogeografía, del modo siguiente:

Reino: Holártico.

Región: Mediterránea.

Sub-región: Mediterránea Central

Provincia: Mediterránea Ibérica Occidental.

Sub-provincia: Oroibérica

Sector Oroibérico Septentrional.

### 5.4.1 VEGETACIÓN

En lo que a vegetación se refiere, según la clasificación de series de vegetación de Rivas Martínez, la comarca se encuadra en la región mediterránea, y en el piso supramediterráneo y mesomediterráneo. [6]. Aparecen 7 series de vegetación: (Figura 32)

- 16b: Serie supramediterránea iberico-soriana silicícola de *Fagus sylvatica* o haya (*Ilici-Fageto sigmetum*). VP, hayedos.
- 18a: Serie supramediterránea carpetano-iberico-alcarrena subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo (*Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*). VP, robledales de melojos.
- 18c: Serie supramediterránea iberico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo (*Festuco heterophyllae-Querceto pyrenaicae sigmetum*). VP, robledales de melojos.
- 19b: Serie supra-mesomediterránea castellano-alcarreno-manchega basofila de *Quercus faginea* o quejigo (*Cephalanthero longifoliae-Querceto fagineae sigmetum*). VP, quejigares.
- 22a: Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basofila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.
- 22b: Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.
- 24a: Serie supra-mesomediterránea guadarrámica, iberico-soriana, celtiberico-alcarrena y leonesa silicícola de *Quercus rotundifolia* o encina (*Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.

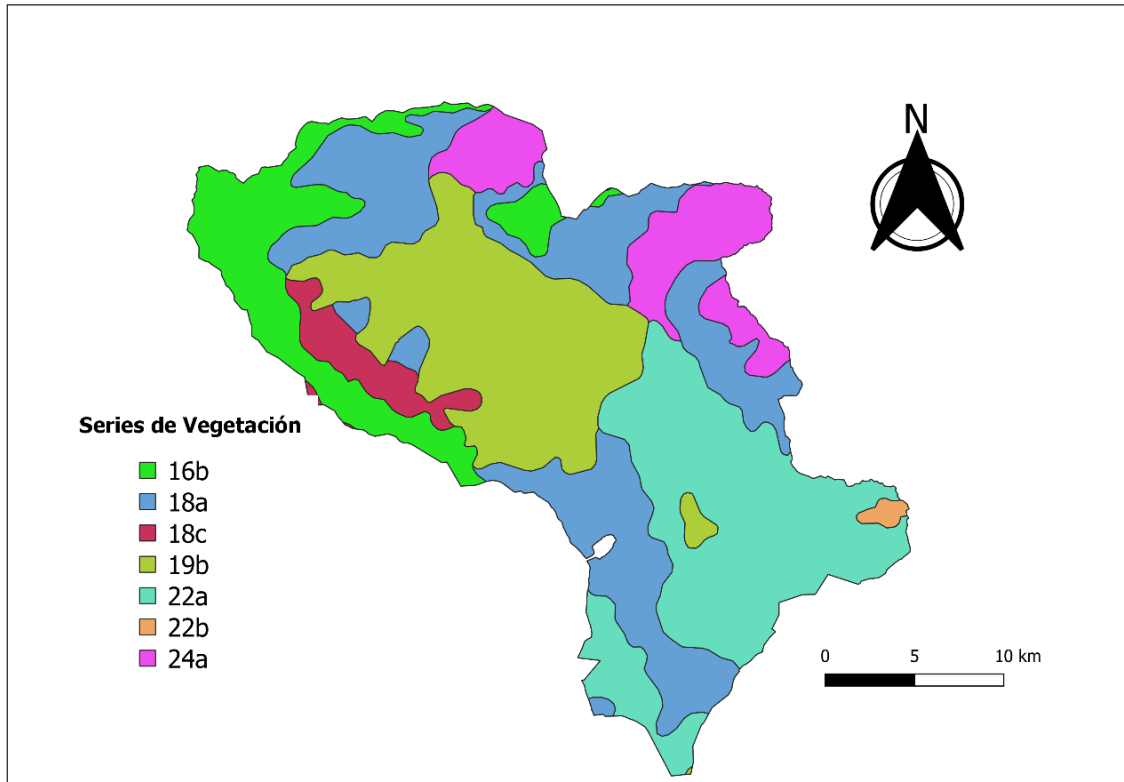


Figura 32. Series de Vegetación. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

La comarca se caracteriza por la elevada proporción de modelos de combustible 5 y 6, esto es por modelos de matorral de alta talla y densidad. Así, es posible pensar en potenciales incendios forestales que desarrollen altas velocidades de propagación, por tratarse de modelos 5 y 6, y de alta emisión energética, en modelo 6. (Figura 33)

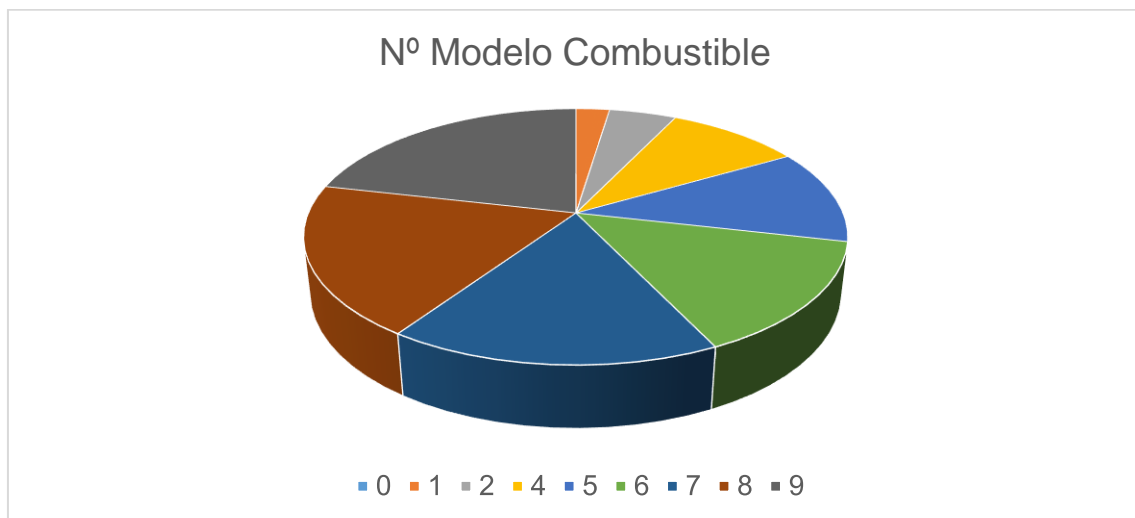


Figura 33. Modelos de combustible. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

En la siguiente tabla podemos observar los diferentes modelos de combustible que aparecen en la comarca y su superficie en ha y %. [11].(Tabla 17)

| <b>Nº Modelo Combustible</b> | <b>Modelo Combustible</b>                                                                                                            | <b>Superficie(ha)</b> | <b>Superficie(%)</b> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 0                            |                                                                                                                                      | 11725,93              | 16,85                |
| 1                            | Pasto fino, seco y bajo. Pl leñosas < 1/3 de la superficie                                                                           | 6401,82               | 9,20                 |
| 2                            | Pasto fino, seco y bajo. Pl leñosas cubren 1/3 a 2/3 de la superficie                                                                | 3552,68               | 5,11                 |
| 4                            | Matorral o plantación joven muy densa (h>2 m). Propagación del fuego por las copas de las pl.                                        | 4568,58               | 6,57                 |
| 5                            | Matorral denso y verde (h<1 m). Propagación del fuego por la hojarasca y el pasto                                                    | 25315,98              | 36,38                |
| 6                            | Parecido al modelo 5 pero con especies más inflamables o con restos de podas y pl de mayor talla                                     | 9408,90               | 13,52                |
| 7                            | Matorral de especies muy inflamables (h: 0,5-2 m) situado como sotobosque de masas de coníferas                                      | 7013,12               | 10,08                |
| 8                            | Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por hojarasca muy compacta                                                         | 601,34                | 0,86                 |
| 9                            | Parecido al modelo 8 pero con hojarasca menos compacta formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes | 998,40                | 1,43                 |

*Tabla 17. Modelos de combustible. [11] Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.*

La distribución de modelos de combustible forestal pone de manifiesto una asociación de modelos herbáceos con zonas agrícolas, y de modelos leñosos de matorral con zonas forestales.

En la siguiente figura podemos observar la distribución espacial de los modelos de combustible en la comarca de Tierras Altas. (Figura 34)

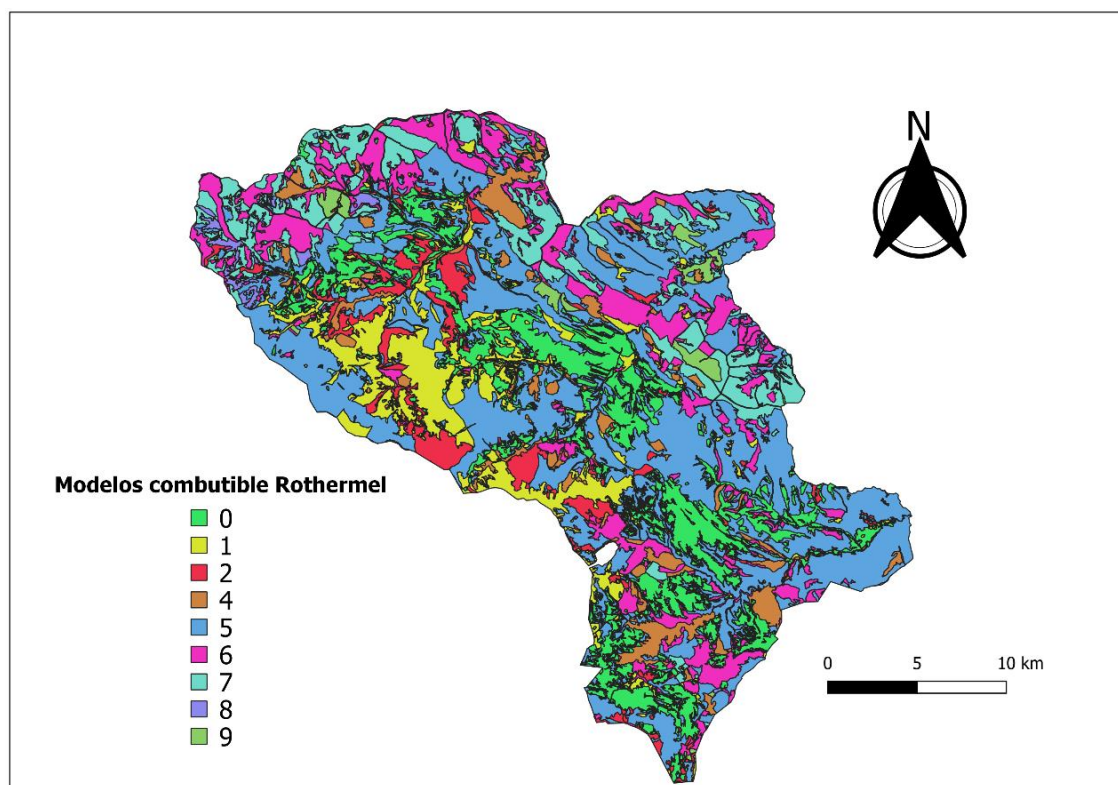


Figura 34. Modelos de combustible Rothermel. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

## 5.4.2 FAUNA

En la siguiente tabla podemos observar las diferentes especies que aparecen en la zona de estudio, así como su estado de conservación y el área que ocupan en la comarca. (Tabla 18)

| Especie             | Nombre Común        | Familia       | Clase    | Estado de Conservación(UI CN) | Área (ha) |
|---------------------|---------------------|---------------|----------|-------------------------------|-----------|
| Alytes obstetricans | Sapo partero común  | Alytidae      | Anfibios | Preocupación menor            | 69365,52  |
| Epidalea calamita   | Sapo corredor       | Bufo          | Anfibios | Preocupación menor            | 69586,74  |
| Hyla molleri        | Ranita de San Antón | Hylidae       | Anfibios | Preocupación menor            | 69272,41  |
| Pelobates cultripes | Sapo de espuelas    | Pelobatidae   | Anfibios | Casi amenazado                | 8665,76   |
| Pelophylax perezi   | Rana Común          | Ranidae       | Anfibios | Preocupación menor            | 69586,74  |
| Triturus marmoratus | Tritón jaspeado     | Salamandridae | Anfibios | Preocupación menor            | 69365,52  |

|                                   |                         |                  |               |                         |           |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------|---------------|-------------------------|-----------|
| <i>Circus pygargus</i>            | Aguilucho cenizo        | Accipitridae     | Aves          | Vulnerable              | Sin Datos |
| <i>Milvus milvus</i>              | Milano real             | Accipitridae     | Aves          | En peligro de extinción | Sin Datos |
| <i>Perdix perdix hispaniensis</i> | Perdiz pardilla         | Phasianidae      | Aves          | En peligro de extinción | Sin Datos |
| <i>Austropotamobius pallipes</i>  | Cangrejo ibérico de río | Astacidae        | Invertebrados | Vulnerable              | 60334,59  |
| <i>Elona quimperiana</i>          | Caracol moteado         | Elonidae         | Moluscos      | Preocupación menor      | 70,71     |
| <i>Euphydryas aurinia</i>         | Doncella de ondas rojas | Nymphalidae      | Invertebrados | Vulnerable              | 37273,95  |
| <i>Lucanus cervus</i>             | Ciervo Volador          | Lucanidae        | Invertebrados | Casi amenazado          | 1730,53   |
| <i>Osmoderma eremita</i>          | Cetonia eremita         | Cetoniidae       | Invertebrados | Vulnerable              | Sin Datos |
| <i>Parnassius apollo</i>          | Apolo                   | Papilionidae     | Invertebrados | Vulnerable              | 42830,41  |
| <i>Rosalia alpina</i>             | Cerambícido             | Cerambycidae     | Invertebrados | Vulnerable              | 19,86     |
| <i>Canis lupus</i>                | Lobo                    | Canidae          | Mamíferos     | Preocupación menor      | 5514,79   |
| <i>Felis silvestris</i>           | Gato Montés             | Felidae          | Mamíferos     | Preocupación menor      | 69586,74  |
| <i>Galemys pyrenaicus</i>         | Desmán ibérico          | Talpidae         | Mamíferos     | Vulnerable              | 27356,09  |
| <i>Genetta genetta</i>            | Gineta                  | Viverridae       | Mamíferos     | Preocupación menor      | 69365,52  |
| <i>Lutra lutra</i>                | Nutria europea          | Mustelidae       | Mamíferos     | Casi amenazado          | 69272,41  |
| <i>Microtus cabrerai</i>          | Topillo de cabrera      | Cricetidae       | Mamíferos     | Casi amenazado          | 1187,54   |
| <i>Miniopterus schreibersii</i>   | Murciélago de cueva     | Miniopteridae    | Mamíferos     | Vulnerable              | 9235,63   |
| <i>Mustela lutreola</i>           | Visón europeo           | Mustelidae       | Mamíferos     | En peligro de extinción | 6375,59   |
| <i>Mustela putorius</i>           | Turón europeo           | Mustelidae       | Mamíferos     | Preocupación menor      | 35809,57  |
| <i>Nyctalus lasiopterus</i>       | Nóctulo grande          | Vespertilionidae | Mamíferos     | Vulnerable              | Sin Datos |
| <i>Nyctalus leisleri</i>          | Nóctulo pequeño         | Vespertilionidae | Mamíferos     | Preocupación menor      | 9536,64   |
| <i>Nyctalus noctula</i>           | Nóctulo mediano         | Vespertilionidae | Mamíferos     | Vulnerable              | Sin Datos |

|                             |                                      |                  |           |                    |           |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------|--------------------|-----------|
| Pipistrellus pipistrellus   | Murciélago común                     | Vespertilionidae | Mamíferos | Preocupación menor | 69586,74  |
| Pipistrellus pygmaeus       | Murciélago de Cabrera                | Vespertilionidae | Mamíferos | Preocupación menor | 69586,74  |
| Plecotus auritus            | Murciélago orejudo dorado            | Vespertilionidae | Mamíferos | Preocupación menor | 3694,22   |
| Plecotus austriacus         | Murciélago orejudo gris              | Vespertilionidae | Mamíferos | Preocupación menor | 10665,53  |
| Rhinolophus euryale         | Murciélago mediterráneo de herradura | Rhinolophidae    | Mamíferos | Vulnerable         | Sin Datos |
| Rhinolophus ferrumequinum   | Murciélago grande de herradura       | Rhinolophidae    | Mamíferos | Vulnerable         | 1672,50   |
| Rhinolophus hipposideros    | Murciélago pequeño de herradura      | Rhinolophidae    | Mamíferos | Casi amenazado     | 16450,10  |
| Achondrostoma arcasii       | Bermejuela                           | Cyprinidae       | Peces     | Vulnerable         | 69586,74  |
| Barbus haasi                | Barbo colirrojo                      | Cyprinidae       | Peces     | Vulnerable         | 69365,52  |
| Cobitis calderoni           | Lamprehuela                          | Cobitidae        | Peces     | Vulnerable         | 13956,42  |
| Luciobarbus bocagei         | Barbo común ibérico                  | Cyprinidae       | Peces     | Casi amenazado     | 19669,04  |
| Luciobarbus graellsii       | Barbo de Graells                     | Cyprinidae       | Peces     | Preocupación menor | 68822,53  |
| Parachondrostoma miegii     | Madrilla                             | Cyprinidae       | Peces     | Preocupación menor | 46234,67  |
| Pseudochondrostoma duriense | Boga del Duero                       | Cyprinidae       | Peces     | Vulnerable         | 19669,04  |
| Coronella austriaca         | Culebra lisa europea                 | Colubridae       | Reptiles  | Preocupación menor | 67408,40  |
| Lacerta bilineata           | Lagarto verde occidental             | Lacertidae       | Reptiles  | Preocupación menor | 67408,40  |
| Mauremys leprosa            | Galápago leproso                     | Geoemydidae      | Reptiles  | Vulnerable         | 19,86     |

|                          |                   |            |          |                    |              |
|--------------------------|-------------------|------------|----------|--------------------|--------------|
| Podarcis liolepis atrata | Lagartija parda   | Lacertidae | Reptiles | Preocupación menor | 1957,1<br>2  |
| Podarcis muralis         | Lagartija roquera | Lacertidae | Reptiles | Preocupación menor | 31741,<br>54 |

Tabla 18. Fauna de la comarca. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

### **Anfibios**

Los anfibios están representados por el sapo partero común, sapo corredor, ranita de San Antón, sapo de espuelas, rana común y tritón jaspeado.

### **Aves**

Las aves están representadas por el aguilucho cenizo, el milano real y la perdiz pardilla. Los dos últimos están considerados en peligro de extinción.

### **Invertebrados**

Los invertebrados están representados por el cangrejo ibérico de río, la doncella de ondas rojas, el ciervo volador, la cetonía eremita, el apolo, el cerambícido (*Rosalia alpina*) y el caracol moteado.

### **Mamíferos**

Los mamíferos están representados por el lobo, el gato montés, el desmán ibérico, la gineta, la nutria europea, el topillo de cabrera, el murciélago de cueva, el visón europeo que se encuentra en peligro de extinción, el turón europeo, el nóctulo grande, mediano y pequeño, el murciélago común, de cabrera, orejudo dorado y gris, mediterráneo de herradura y grande y pequeño de herradura.

### **Peces**

Dentro de los peces, aparecen la bermejuela, el barbo colirrojo, la lamprehuela, el barbo común ibérico, el barbo de Graells, la madrilla y la boga del Duero.

### **Reptiles**

Entre los lagartos y lagartijas, el más emblemático de todos los que aparecen es el lagarto verde occidental, que se encuentra amenazado por la pérdida de hábitat. También se registran especies populares como la lagartija parda y la lagartija roquera.

Los eslizones están representados por el eslizón ibérico (*Chalcides bedriagai*), y el eslizón tridáctilo (*C. striatus*), también la culebrilla ciega (*Blanus cinereus*).

Dentro de los ofidios se encuentra la culebra lisa europea.

Entre las tortugas hay que destacar al galápago leproso (*Mauremys caspica*), de costumbres acuáticas, al que es difícil de ver en las orillas de los ríos y arroyos, ya que al menor ruido se zambulle en la corriente.



### 5.4.3 RÉGIMEN DE PROTECCIÓN

El plan de defensa contra incendios forestales contempla una serie de actuaciones sobre el medio, con el fin de reducir el riesgo y el peligro de incendios forestales. Estas actuaciones deberán localizarse para proteger las personas, los bienes materiales, y los espacios naturales de mayor valor ecológico. Por este motivo es importante conocer la distribución espacial de estos últimos. (Figura 35)

En la comarca existen dos figuras de protección: Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) que constituyen la Red Natura 2000, integrada en la Red de Áreas Naturales Protegidas (RANP) de Castilla y León, (Ley 4/2015, de 24 de marzo, de Patrimonio Natural de Castilla y León). (Tabla 19)

Al oeste de la comarca colinda con la Reserva Natural del Acebal de Garagüeta que cuenta con una superficie de 404.1 ha.

La superficie protegida figura en la tabla siguiente.

| Régimen de protección | Denominación                        | Superficie (ha) |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------|
| ZEPA y ZEC            | Sierras de Urbión y Cebollera       | 3724,09         |
| ZEPA                  | Sierras de Urbión                   | 73,31           |
| ZEC                   | Riberas del Río Cidacos y afluentes | 196,07          |
|                       | Cigudosa-San Felices                | 2007,88         |
|                       | Oncala-Valtajeros                   | 5018,52         |

*Tabla 19. Superficie protegida. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia*

La superficie total protegida es 11.019,87 ha. La proporción de superficie protegida sobre el total de la superficie del plan de defensa es del 15.89%.

La localización de los espacios naturales protegidos (ENP), junto con ZEPA y ZEC, se observa en el siguiente mapa:

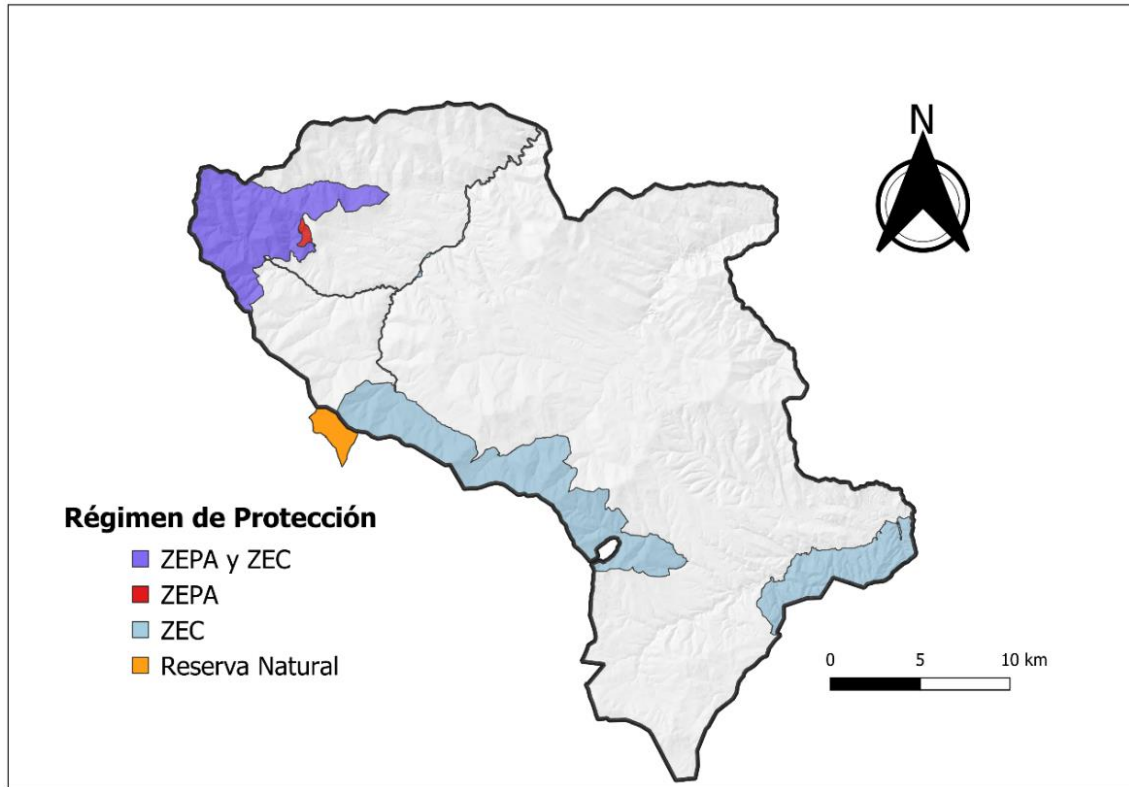


Figura 35. Régimen de protección. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

## 5.5 MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 5.5.1 DEMOGRAFÍA. SECTORES ECONÓMICOS

La comarca denominada Tierras Altas cuenta con una densidad de población de 2,86 habitantes/km<sup>2</sup>, cuando la densidad de población provincial es de 8,57 habitantes/km<sup>2</sup>. Este valor indica que estamos ante una de las zonas más deshabitadas de la provincia.(Tabla 20)

La siguiente tabla refleja la densidad de población de cada uno de los municipios integrantes.

| Municipio         | POBLACIÓN DE DERECHO (TOTAL) | POBLACIÓN DE DERECHO (MUJERES) | POBLACIÓN DE DERECHO (VARONES) | Densidad (Hab/Km <sup>2</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Las Aldehuelas    | 182                          | 88                             | 94                             | 4,82                            |
| Cerbón            | 96                           | 43                             | 53                             | 5,33                            |
| Cigudosa          | 115                          | 51                             | 64                             | 5,47                            |
| Fuentes de Magaña | 168                          | 87                             | 81                             | 14,97                           |
| Magaña            | 140                          | 65                             | 75                             | 2,39                            |
| Oncala            | 144                          | 59                             | 85                             | 3,61                            |

|                       |      |     |      |      |
|-----------------------|------|-----|------|------|
| San Pedro Manrique    | 555  | 280 | 275  | 3,15 |
| Santa Cruz de Yanguas | 71   | 27  | 44   | 2,12 |
| Suellacabras          | 60   | 34  | 26   | 1,53 |
| Valdeprado            | 35   | 21  | 14   | 1,10 |
| Valtajeros            | 46   | 22  | 24   | 2,01 |
| Villar del Río        | 226  | 110 | 116  | 1,78 |
| Vizmanos              | 51   | 19  | 32   | 2,10 |
| Yanguas               | 102  | 50  | 52   | 1,88 |
| TOTAL                 | 1991 | 956 | 1035 | 2,86 |

Tabla 20. Densidad de población por municipio 2022. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia.

El sector económico más importante es el sector servicios, con casi el 40% de afiliaciones a la Seguridad Social. Los dos otros grandes sectores son la industria (26,45%) y la agricultura, ganadería y caza (20%). (Tabla 21 y Figura 36).

El municipio más industrial es San Pedro Manrique (41.19%), el más agrícola Vizmanos (75%) el más constructor Las Aldehuelas (46,88%) y el más forestal San Pedro Manrique (9.38%).(Tabla 21 y Figura 36)

| Municipios            | Agricultura, ganadería y caza | Construcción | Forestal | Industria | Servicios |
|-----------------------|-------------------------------|--------------|----------|-----------|-----------|
| Las Aldehuelas        | 53,13                         | 46,88        | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| Cerbón                | 20,00                         | 0,00         | 0,00     | 20,00     | 60,00     |
| Cigudosa              | 20,00                         | 0,00         | 0,00     | 60,00     | 20,00     |
| Fuentes de Magaña     | 16,67                         | 16,67        | 0,00     | 0,00      | 66,67     |
| Magaña                | 22,22                         | 33,33        | 0,00     | 11,11     | 33,33     |
| Oncala                | 18,18                         | 0,00         | 0,00     | 27,27     | 54,55     |
| San Pedro Manrique    | 11,93                         | 5,97         | 9,38     | 41,19     | 31,53     |
| Santa Cruz de Yanguas | 33,33                         | 33,33        | 0,00     | 0,00      | 33,33     |
| Suellacabras          | 16,67                         | 33,33        | 0,00     | 16,67     | 33,33     |
| Valdeprado            | 0,00                          | 0,00         | 0,00     | 0,00      | 100,00    |
| Valtajeros            | 50,00                         | 0,00         | 0,00     | 0,00      | 50,00     |
| Villar del Río        | 34,43                         | 8,20         | 0,00     | 16,39     | 40,98     |
| Vizmanos              | 75,00                         | 0,00         | 0,00     | 0,00      | 25,00     |
| Yanguas               | 9,09                          | 9,09         | 9,09     | 9,09      | 63,64     |
| PROVINCIA             | 20                            | 11,1         | 4,9      | 26,45     | 37,55     |

Tabla 21. Porcentaje de los sectores económicos por municipio 02/2023. Fuente: Seguridad Social. Elaboración propia.

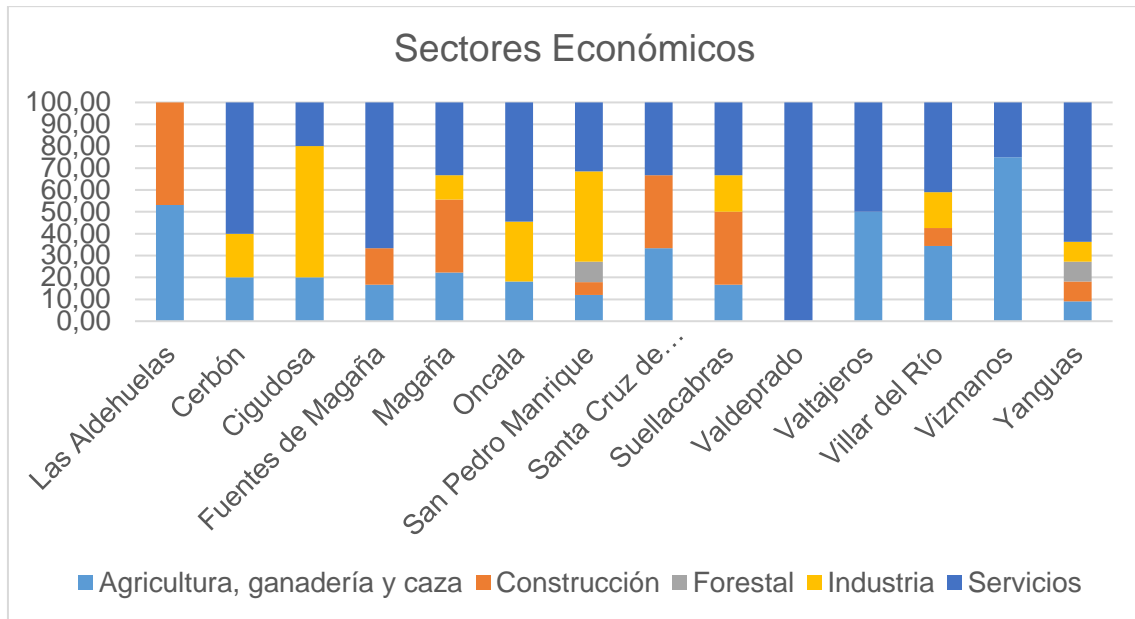


Figura 36. Porcentaje de los sectores económicos por municipio 02/2023. Fuente: Seguridad Social. Elaboración propia.

### 5.5.2 RÉGIMEN DE PROPIEDAD DE LOS MONTES

La comarca de Tierras Altas cuenta con una elevada proporción de superficie de titularidad pública. (Tabla 22 , Figura 37y Figura 38). La superficie se reparte del modo siguiente:

| TIPO PROPIEDAD     | Porcentajes |
|--------------------|-------------|
| Ayto.              | 19,32       |
| CC.AA.             | 63,81       |
| E.L.M.             | 0,78        |
| Entidad Asociativa | 14,65       |
| Particular         | 1,45        |

Tabla 22. Tipo de propiedad de los montes. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

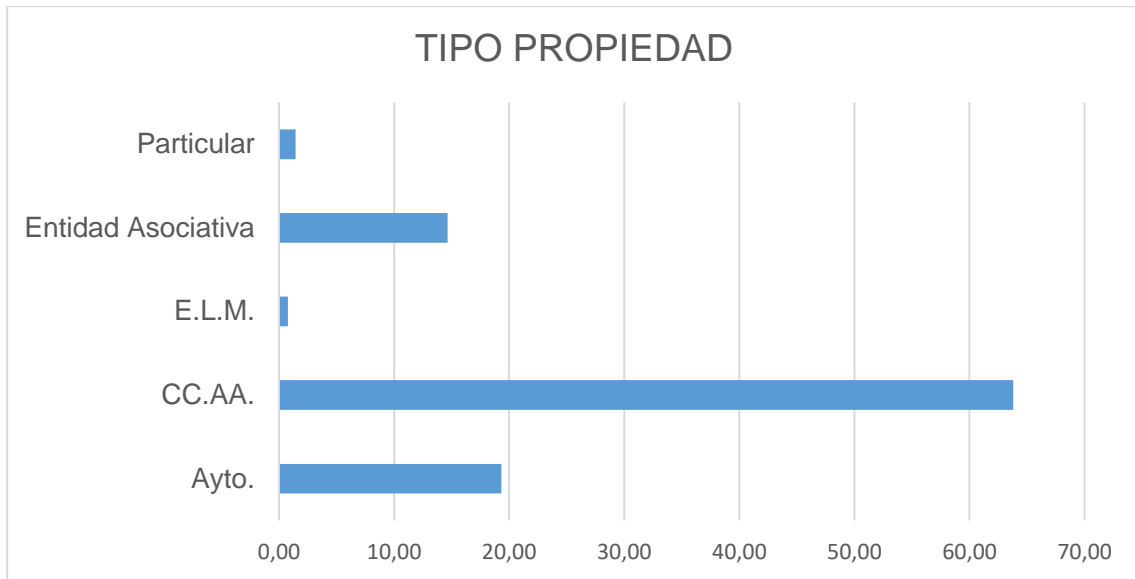


Figura 37. Tipo de propiedad de los montes. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

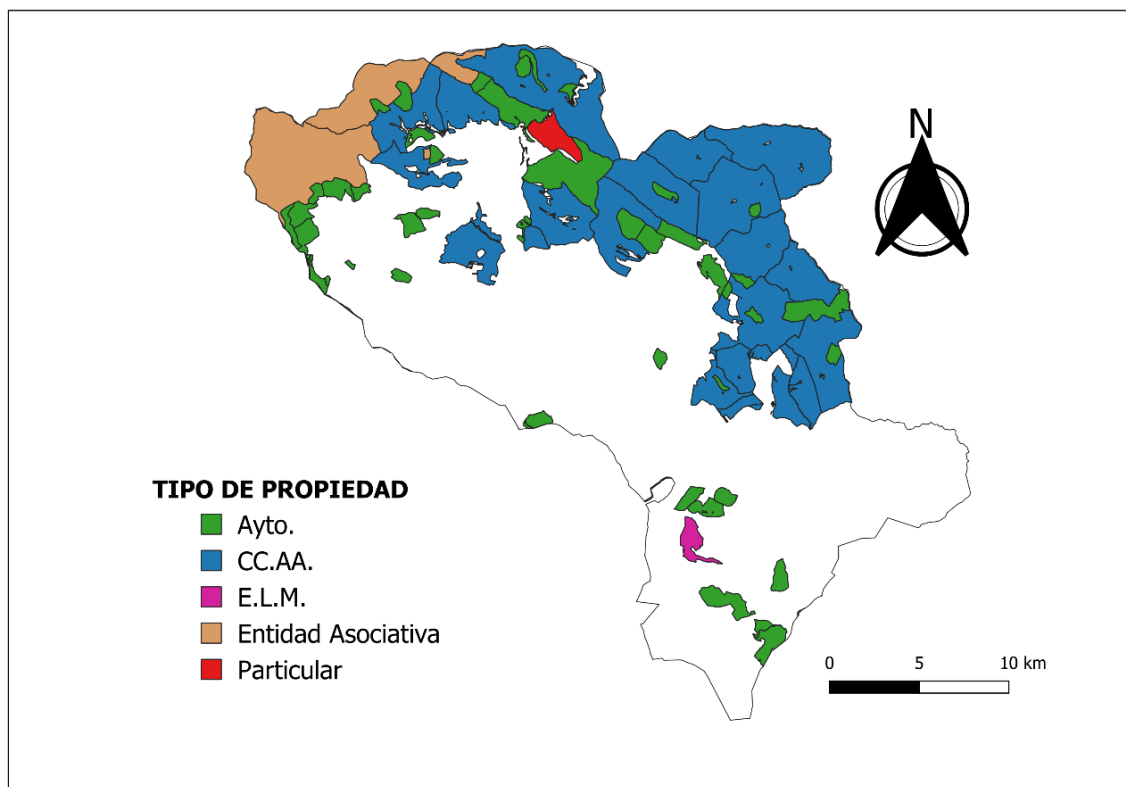


Figura 38. Distribución de la propiedad de los montes. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

El tipo de gestión de los montes es mayoritariamente pública con un 96.57% respecto al 3.43% de la gestión privada.(Figura 39 y Figura 40)

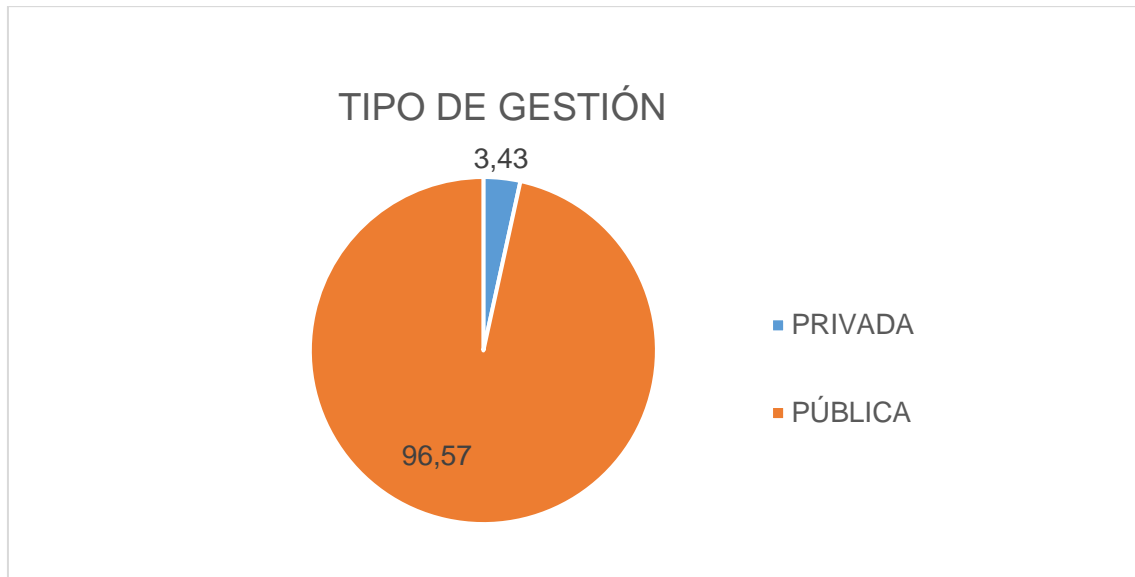


Figura 39. Tipo de gestión. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

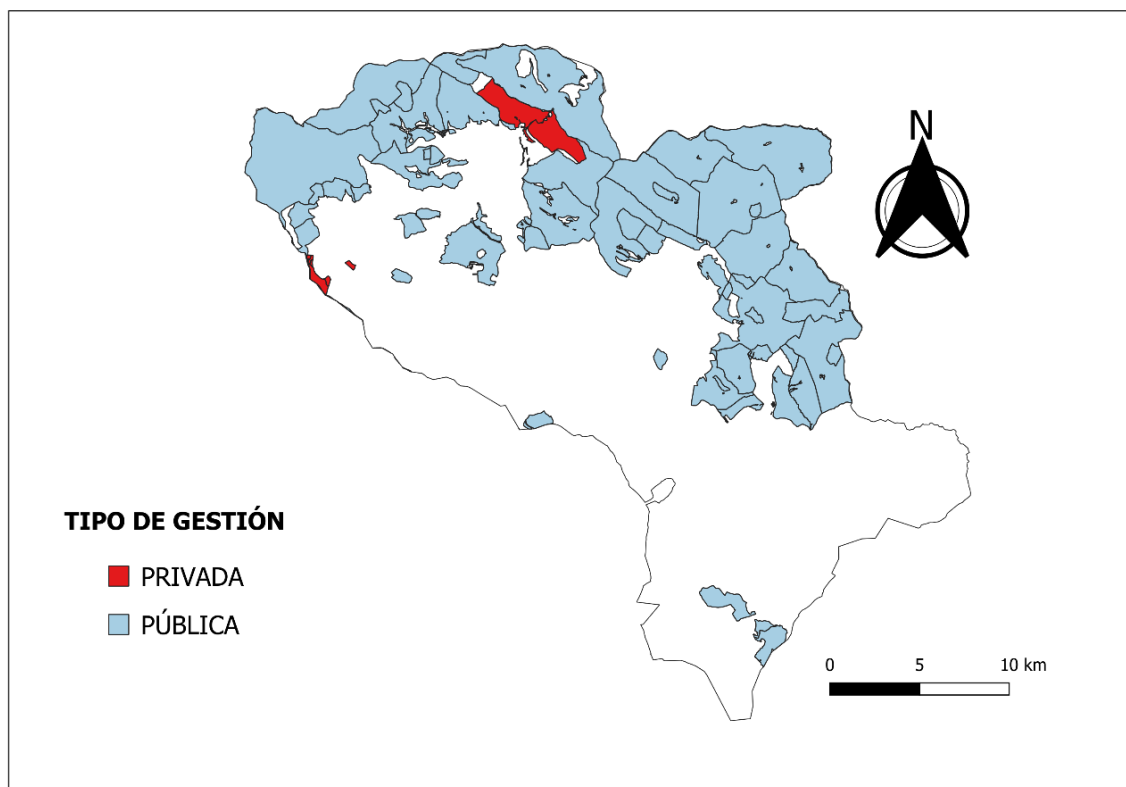


Figura 40. Distribución de la gestión de los montes. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

Los Montes de Utilidad Pública (MUP) de la comarca suman un total de 27506,12 ha. Lo que supone un 47.14 % respecto a la superficie total forestal de la comarca. (Figura 41)

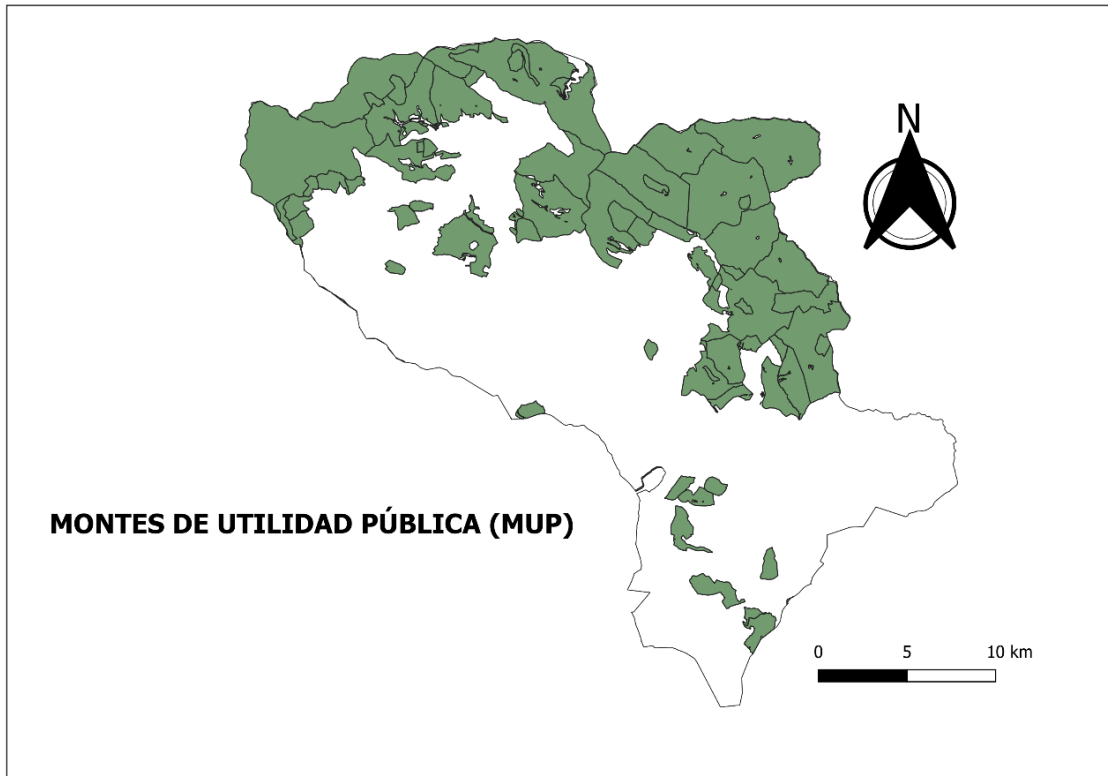


Figura 41. Montes de Utilidad Pública. Fuente Junta de Castilla y León. Elaboración propia

### 5.5.3 PROBLEMAS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LOS INCENDIOS FORESTALES

Los incendios forestales han tenido gran influencia sobre el paisaje de Castilla y León. Los incendios forestales han actuado como agente modelizador del territorio. A lo largo de la historia se ha utilizado el fuego para favorecer otros usos distintos al forestal como son el ganadero y agrícola, como por ejemplo para aumentar la superficie para pastos.

A mitad del siglo XX se aprecia un cambio en las causas que generan los incendios forestales y el paisaje que modela, ya que ha aumentado la espesura y continuidad de la vegetación en nuestros montes debido al abandono del campo que produjo la inmigración a las ciudades.

En la serie de datos recogidos (1985-2015), se puede apreciar que hay un aumento en el número de incendios, pero no en el número de hectáreas quemadas. Esto se debe al esfuerzo por parte de la administración en aumentar los medios técnicos y humanos. Periódicamente se repiten condiciones meteorológicas adversas que favorecen la propagación e influyen en la oscilación de la superficie quemada.

Debido al aumento de densidad y continuidad de la vegetación, aumenta la posibilidad de incendios de grandes dimensiones y el número de incendios. Por lo que se pondrán las medidas necesarias para que los daños que puedan generarse sean los mínimos.

Para reducir el número de incendios forestales hay que hacer un análisis de las causas que los producen y tomar las medidas de prevención oportunas , que limiten los efectos de los incendios sobre el medio ambiente, la economía y la sociedad en su conjunto.



## 6 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE COORDINACIÓN DEL OPERATIVO

### 6.1 CENTROS DE MANDO

La organización se hace desde 9 Centros Provinciales de Mando (CPM) coordinados por el Centro Autonómico de Mando (CAM). (Tabla 23).

La ubicación del CAM y los 9 los CPM es la siguiente:

| Provincia  | Centro Autonómico de Mando (CAM).                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------|
| Valladolid | C/ Rigoberto Cortejoso, 14, 47014 - Valladolid (Servicios Centrales) |
| Provincia  | Centros Provinciales de Mando (CPM)                                  |
| Ávila      | C/ Pasaje del Císter, 1, 05071 - Ávila                               |
| Burgos     | C/ Juan Padilla, s/n, 09071 - Burgos                                 |
| León       | Avda. Peregrinos, s/n, 24008 - León                                  |
| Palencia   | Avda. Casado del Alisal, 27, 34071 - Palencia                        |
| Salamanca  | C/ Príncipe de Vergara, 53-71, 37071- Salamanca                      |
| Segovia    | Plaza Reina Dña. Juana, s/n, 40071 - Segovia                         |
| Soria      | C/ Los Linajes, 1, 42002 - Soria                                     |
| Valladolid | C/ Duque de la Victoria, 8, 47071 - Valladolid                       |
| Zamora     | C/ Leopoldo Alas Clarín, 4, 49071 - Zamora                           |

Tabla 23. Ubicación de los CPM y CAM. Fuente Junta de Castilla y León

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales. *“Dependiendo de la gravedad de la emergencia, se podrá constituir un Puesto de Mando Avanzado (PMA), en el que inicialmente un agente medioambiental y posteriormente un técnico, si es preciso, asume la dirección de la extinción, coordinando la actuación de los medios que intervienen en la misma y aplicando el Sistema de Manejo de Emergencias por Incendios Forestales (SMEIF) que le permite optimizar los recursos humanos y materiales disponibles. Así mismo, cuando un incendio adquiere un nivel de gravedad elevado (Nivel 2), se constituye el Centro de Coordinación Operativa Integrado (CECOPI), como centro directivo superior en la toma de decisiones a nivel provincial. Los CECOPI se ubicarán en el CPM de la provincia correspondiente o, en su caso, en el CAM”*

### 6.2 PERSONAL DE DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *“El personal de dirección y coordinación está compuesto por personal técnico (Jefe de Jornada, Técnico de Guardia, Director Técnico de Extinción, así como técnicos de operaciones, Agentes Medioambientales y Celadores de Medio Ambiente).*

*El Centro Provincial de Mando (CPM) es un centro funcional de decisión que está dirigido por el Jefe de Jornada de la provincia respectiva. Cuenta con personal de apoyo para el desempeño de sus funciones en el CPM, como son los Técnicos de Guardia, que desempeñan funciones en el CPM o son movilizados al incendio por el jefe de Jornada para asumir la dirección de extinción u otras posiciones del Sistema de manejo de emergencias por incendios forestales (SMEIF), y los Técnicos de Operaciones, que son técnicos con menos de dos años de experiencia que realizan labores de apoyo al jefe de jornada o director de extinción hasta que adquieren la experiencia necesaria para desempeñar dichos puestos de responsabilidad en el operativo. Los Agentes Medioambientales realizan funciones de Jefe de Extinción de incendios, de vigilancia y de investigación de causas. Los Celadores de Medio Ambiente realizan tareas similares a las de los Agentes cuando tienen asignada guardia de incendios.”*

### **6.3 PERSONAL DE APOYO**

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *"En todos los centros de mando existen diferentes figuras que dan apoyo al personal de dirección y coordinación y refuerzan la estructura del operativo en los centros de mando , tales como operadores, técnicos de apoyo, técnicos operadores de aplicaciones informáticas, operadores de cámara, etc. y otro personal que da apoyo a la dirección de extinción durante el transcurso de los incendios como los conductores de guardia, la unidad de apoyo al PMA, los coordinadores de medios aéreos, etc. "*

#### **6.3.1 OPERADORES DE LOS CENTROS DE MANDO**

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *"Los operadores del CPM son los trabajadores que atienden o realizan llamadas y avisos dentro del funcionamiento del Operativo de Lucha contra Incendios Forestales y de los servicios derivados de las diversas actuaciones de la Consejería.”*

#### **6.3.2 TÉCNICOS DE APOYO DE LOS CENTROS DE MANDO Y OTRO PERSONAL DE APOYO**

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *"Los técnicos de apoyo dan soporte al jefe de jornada en funcionamiento y control de las actividades a desarrollar en los centros de mando. Durante el transcurso de las emergencias, este personal debe manejar las aplicaciones y herramientas tecnológicas, generando los informes técnicos necesarios para facilitar la rápida y eficaz toma de decisiones y, en las fases en que las emergencias no se están desarrollando, debe mantener los centros de mando en perfecto estado de operatividad, además de participar en la dotación de medios del operativo, su logística y su funcionamiento, reforzando las labores necesarias para el sistema de prevención y extinción de incendios forestales.”*

### **6.3.3 UNIDADES DE APOYO AL PMA**

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *“Existen 4 Unidades de Apoyo Técnico con cargo a encargos a medio propio o contratos públicos de servicios, ubicadas en Valladolid, Salamanca, León y Ávila para dar cobertura a todo el territorio de la Comunidad con mayor presencia en las zonas de mayor riesgo, una Unidad de Refuerzo y una Unidad de Apoyo Logístico con disponibilidad permanente durante toda la Época de Peligro Alto de Incendios. Su principal labor es la de dar apoyo técnico y logístico a la Dirección de Extinción en incendios de especial relevancia, ya sea por su peligrosidad, superficie o número de medios. Las Unidades de Apoyo, cuando no se encuentran en incendios, realizan diferentes estudios e informes de análisis, evolución, operaciones, etc., para tratar de mejorar los procedimientos en la extinción de incendios forestales.”*

### **6.3.4 COORDINADORES DE MEDIOS AÉREOS**

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *“La coordinación de medios aéreos es un servicio de información y asesoramiento cuyo fin es mejorar la seguridad, eficacia y eficiencia de las operaciones aéreas de extinción de incendios forestales. Las funciones de Técnico Coordinador de medios aéreos serán realizadas por técnicos adscritos al Operativo con conocimientos y experiencia en combate y extinción de incendios forestales con aeronaves, capaces de planificar y poner en práctica el plan de extinción establecido por el Director Técnico de Extinción y regular el tráfico aéreo de aeronaves en el área de vuelo en incendio (en principio un radio de 5 millas náuticas) y en su incorporación a la misma.”*



## 7 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN

Una correcta vigilancia y detección de la localización de los conatos, sumado a un sistema de comunicaciones que nos permita alertar con la mayor celeridad al centro provincial de mando (CPM) y movilizar los medios de extinción en el menor tiempo posible, es vital para que el incendio forestal llegue a un tamaño que dificulte las tareas de extinción o supere la capacidad de extinción

### 7.1 DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN

Los medios de detección y alerta del del dispositivo de Castilla y León son los siguientes:

#### ESCUCHAS DE INCENDIOS

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales, *“Los Escuchas de incendios son, según el convenio colectivo, aquellos trabajadores que en lugares de recepción-transmisión de mensajes, se ocupan preferentemente de la vigilancia de incendios a través de medios audiovisuales o por emisores receptores o centralitas telefónicas. “*

#### PUESTOS FIJOS DE VIGILANCIA

Las torres o casetas son la red principal de vigilante. Se trata de puntos de observación que están ubicados en cotas altas para poder divisar amplias zonas forestales y detectar los posibles humos que producen los incendios forestales.

Los puestos cuentan con transeptores portátiles y de prismáticos. Se comunican con el emisorista del CPM para dar las novedades y están obligados a dar la posición de los humos lo más rápido posible. La rapidez del aviso y la precisión de la posición son necesarios para una mayor eficacia.

#### CÁMARAS TERMOGRÁFICAS

Las cámaras termográficas cuentan con una cámara dual de visión térmica y normal. Está constantemente observando y perimetrando los 360º.

Este sistema nos permite localizar incendios en condiciones meteorológicas adversas (niebla densa, humo, oscuridad).

La altura de las cámaras es de 30 m y pueden detectar un humo de un incendio de 1m<sup>2</sup> a más de 10 km.

## 7.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE ALERTA Y DETECCIÓN

En este punto se indica los medios de alerta y detección que se posee en el operativo de Castilla y León en la comarca de Tierras Altas y alrededores.

La distribución de los medios intenta cubrir el mayor área y tener especial atención en las zonas con un mayor valor ecológico y forestal.

En la actualidad se disponen de 8 de puestos fijos y de 5 cámaras termográficas (Figura 42), su distribución en la comarca es la siguiente:

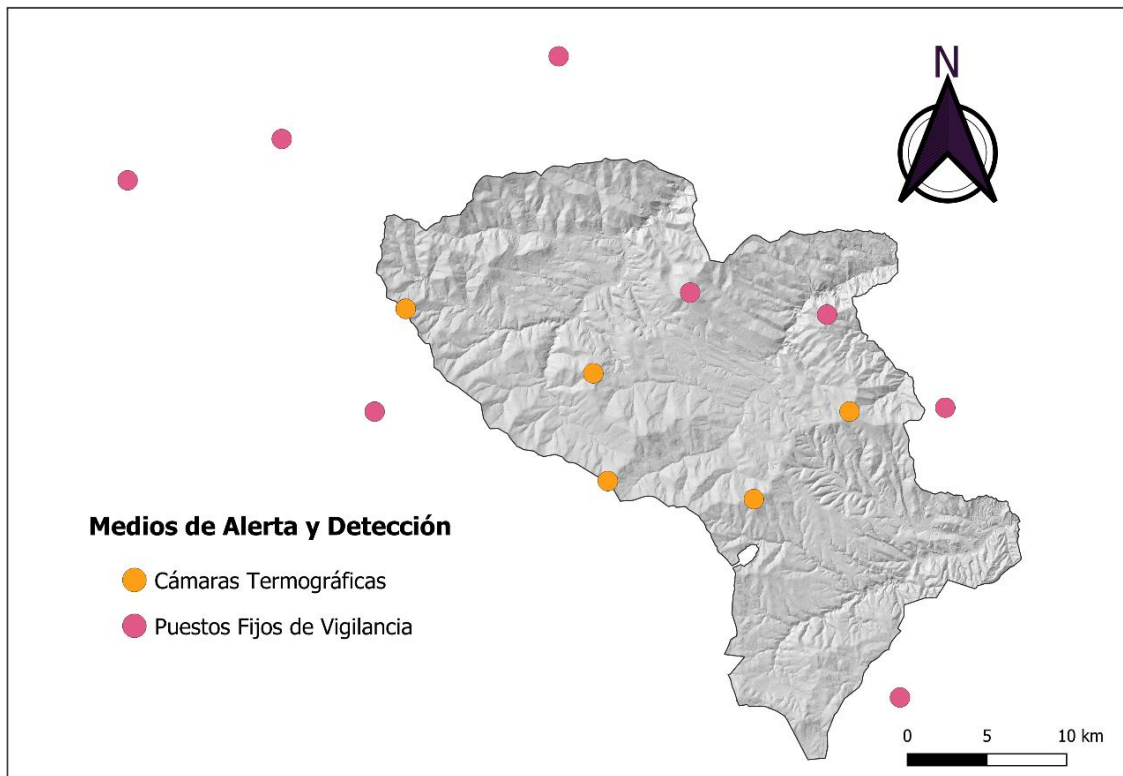


Figura 42. Medios de alerta y detección. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia

## 7.3 CUENCAS VISUALES

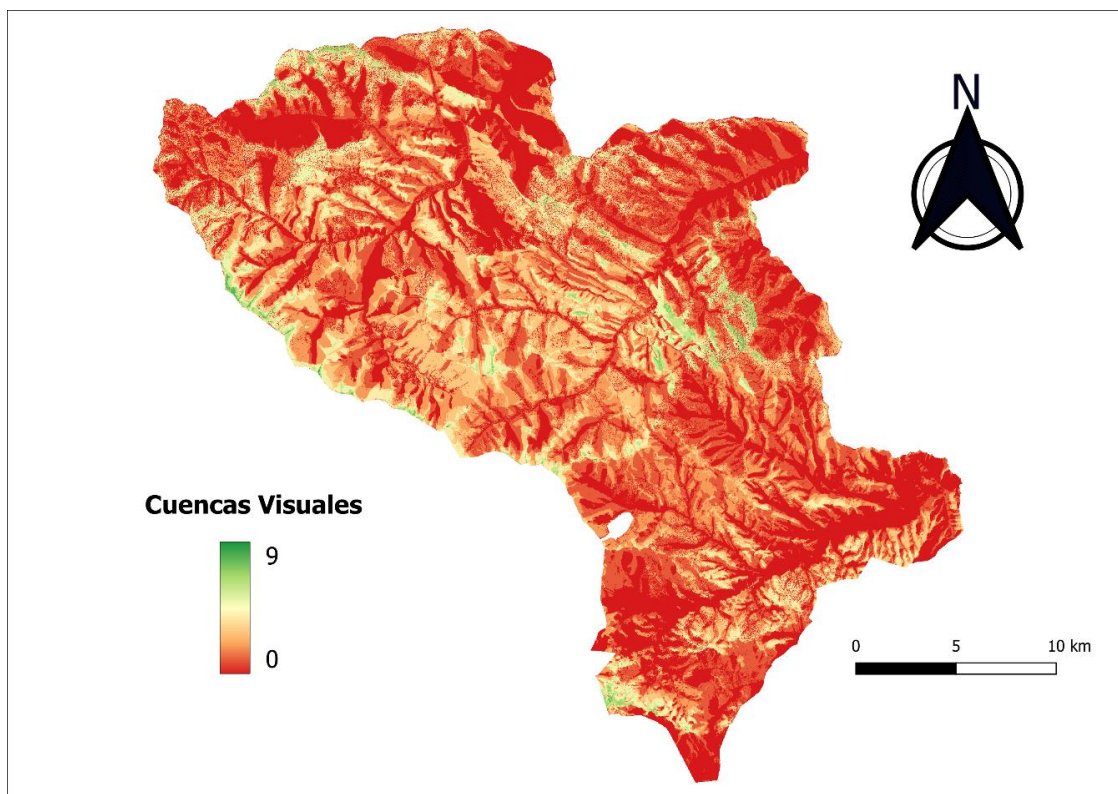
A través de las herramientas SIG y la alta calidad de las capas de información actual, se pueden realizar los análisis necesarios para hacer que la presencia y distribución de los medios de detección de incendios forestales sean lo más efectivos posibles.

Para la realización de los cálculos de cobertura de optimización de la red de vigilancia se han fijado los siguientes parámetros:

- Parámetros de cálculo de las torretas y visibilidad del terreno:
  - Viene dada por la altura de la torreta más la altura del observador (1'6 m)

- Radio de visión: 360°.
- Distancia de visibilidad: Se considera hasta 30km distancia máxima.
- Parámetros de cálculo de las cámaras termográficas y visibilidad del terreno:
  - Viene dada por la altura de la cámara (30m).
  - Radio de visión: 360°.
  - Distancia de visibilidad: Se considera hasta 30km distancia máxima.

Del análisis realizado para los escenarios 10 Km, 20 Km y 30Km de radios de visión, las siguientes figuras muestran los resultados de los cálculos para el escenario más favorable, es decir calculados para un radio de distancia de 30 km.(Figura 43 y Figura 44)



*Figura 43. Superposición de cuencas Visuales. Número de estaciones de observación que ven un determinado punto de la comarca.*

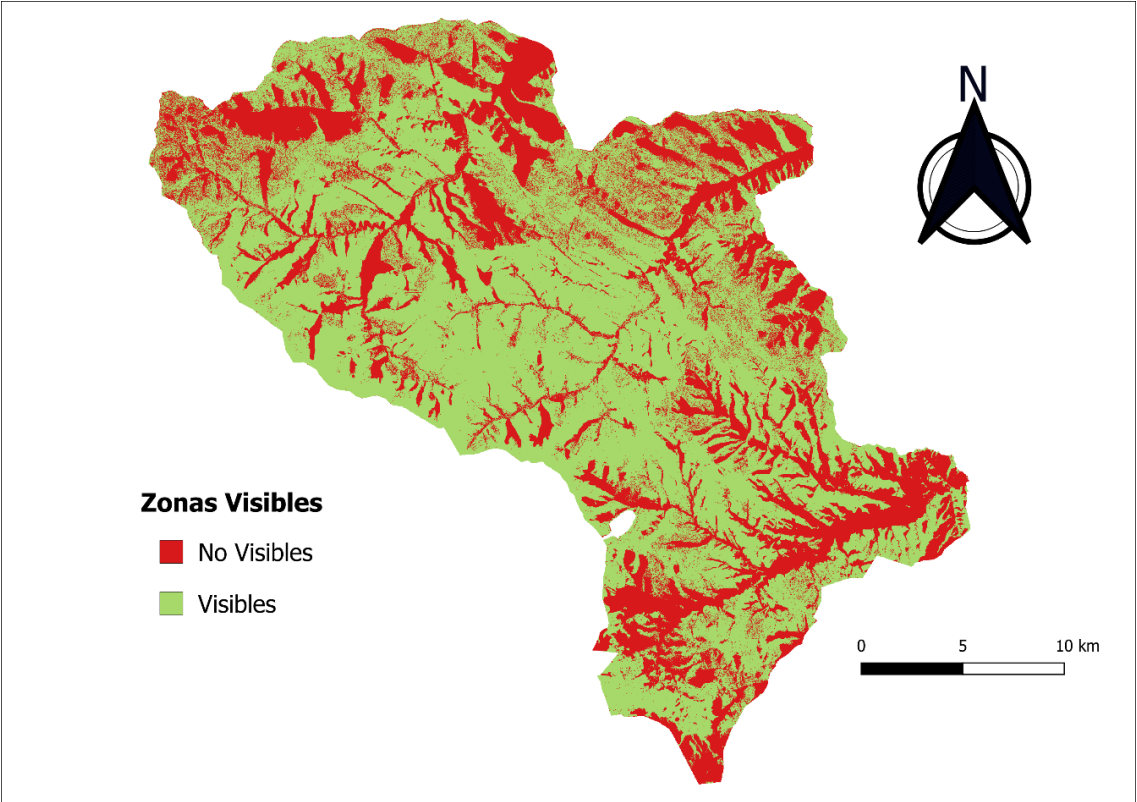


Figura 44. Zonas Visibles desde los puestos de vigilancia.



## **8 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE EXTINCIÓN Y PREVENCIÓN**

En Castilla y León el operativo cuenta con una serie de medios repartidos sobre todo el territorio, que permite una actuación rápida ante los posibles eventos detectados. Se distribuyen en función del riesgo de incendios y las masas a proteger. Más de la mitad de los medios de prevención y extinción son propios de la Administración y el resto contratado a empresas privadas o públicas, pero bajo la dirección y supervisión por parte de la administración.

### **8.1 INFORME SOBRE LOS PLANES DE EXTINCIÓN**

El plan INFOCAL establece la estructura organizativa y los procedimientos de intervención de la extinción de incendios forestales, con el fin de proteger a las personas y a los bienes de naturaleza no forestal que puedan verse afectados.

En los incendios que se produzcan en áreas limítrofes con otras comunidades autónomas:

- Se definirán mediante convenio o protocolos de actuación las áreas de influencia comunes a ambas comunidades en las cuales se aplicará un despacho especial de medios.
- Se definirán los protocolos de coordinación.
- Se definirán los protocolos de comunicaciones entre dispositivos.
- Se definirán las compensaciones económicas que puedan derivar de las intervenciones.

### **8.2 INVENTARIO DE LOS MEDIOS EXISTENTES**

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio tiene las competencias de organización de la defensa contra incendios forestales y de coordinación operativa en la prevención y extinción. Siempre ha de coordinarse con las administraciones locales y pueden ser apoyados por los medios estatales. El número de medios puede ser variable en cada época del año y en cada provincia.

La base de datos de medios y recursos será administrada por la Junta de Castilla y León y será revisado anualmente. (Figura 45 y Figura 46)

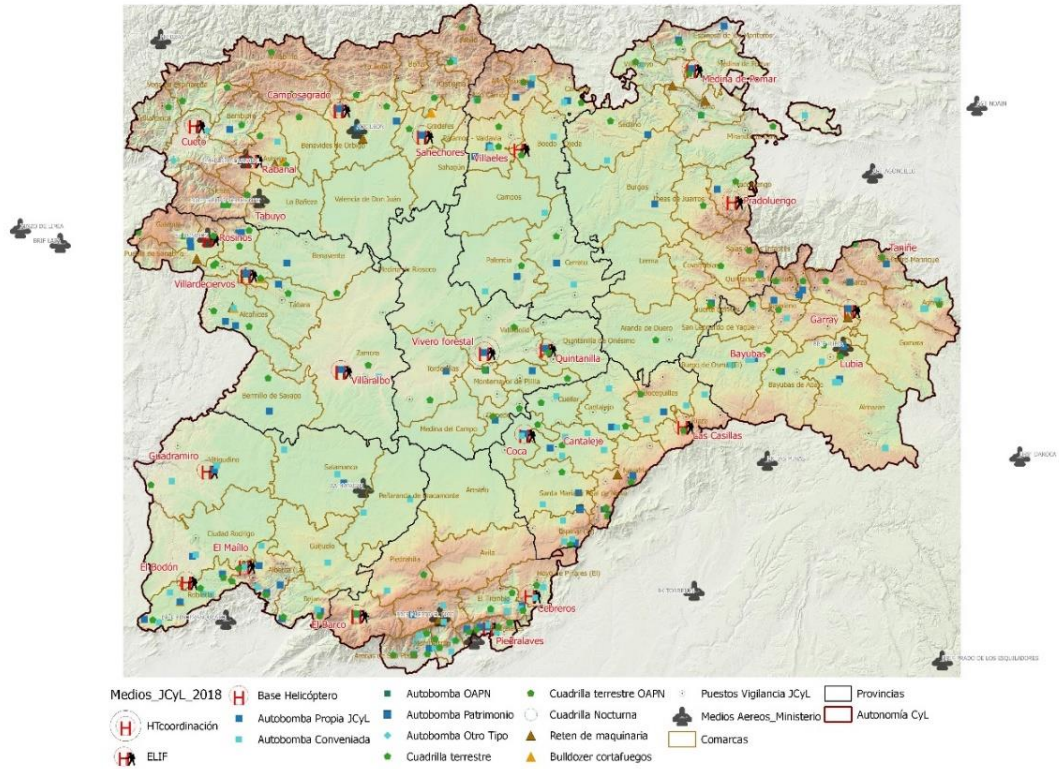


Figura 45. Medios y recursos en Castilla y León. Fuente: Junta de Castilla y León.

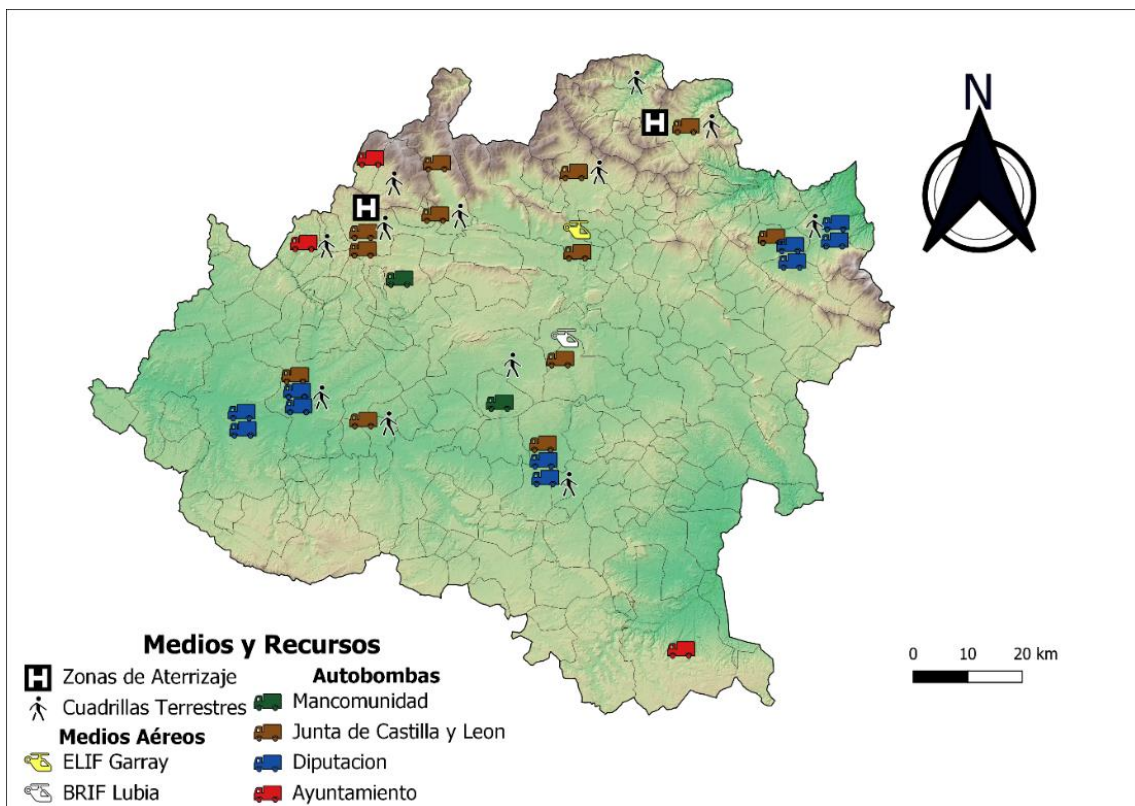
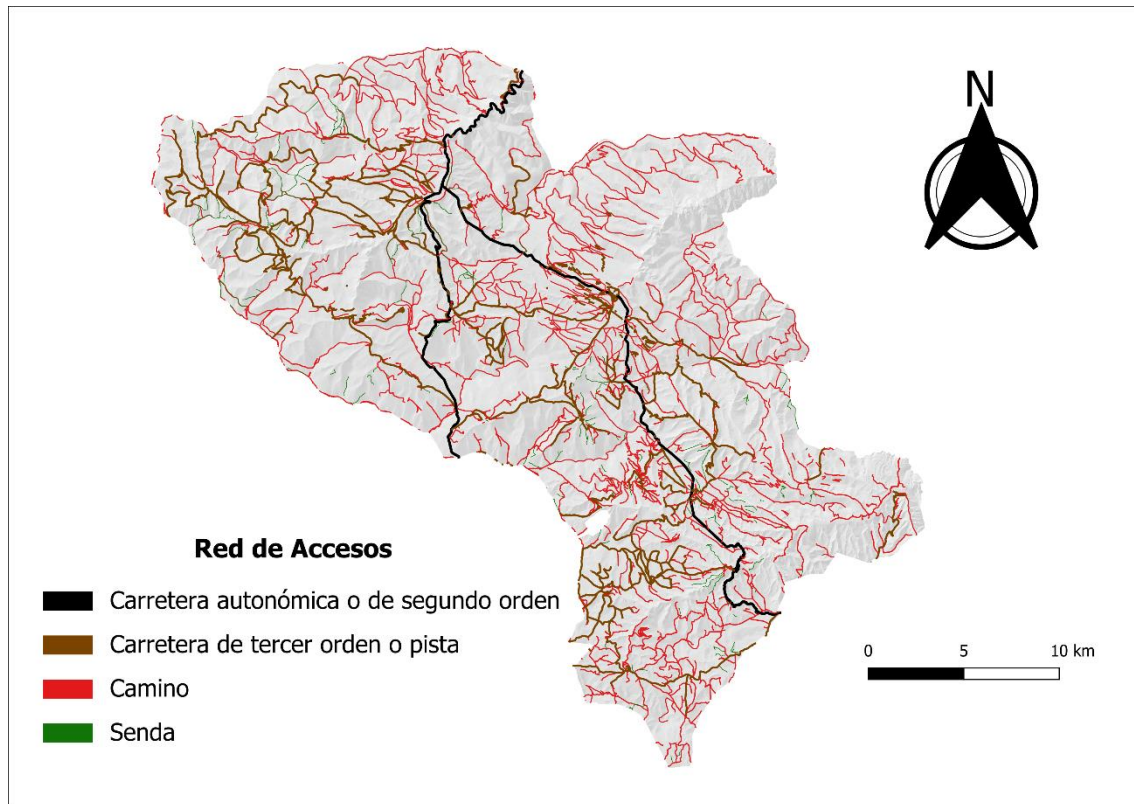


Figura 46. Medios y recursos en Soria. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia

## 8.2.1 RED DE ACCESOS

A continuación, podemos ver la red de accesos de la comarca de Tierras Altas. (Figura 47)



*Figura 47. Red de Accesos de comarca de Tierras Altas. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia*

La red de accesos se ha filtrado según la urgencia de reparación con el fin de ayudar a la hora de proponer actuaciones de mejora sobre la red de accesos (Figura 48)

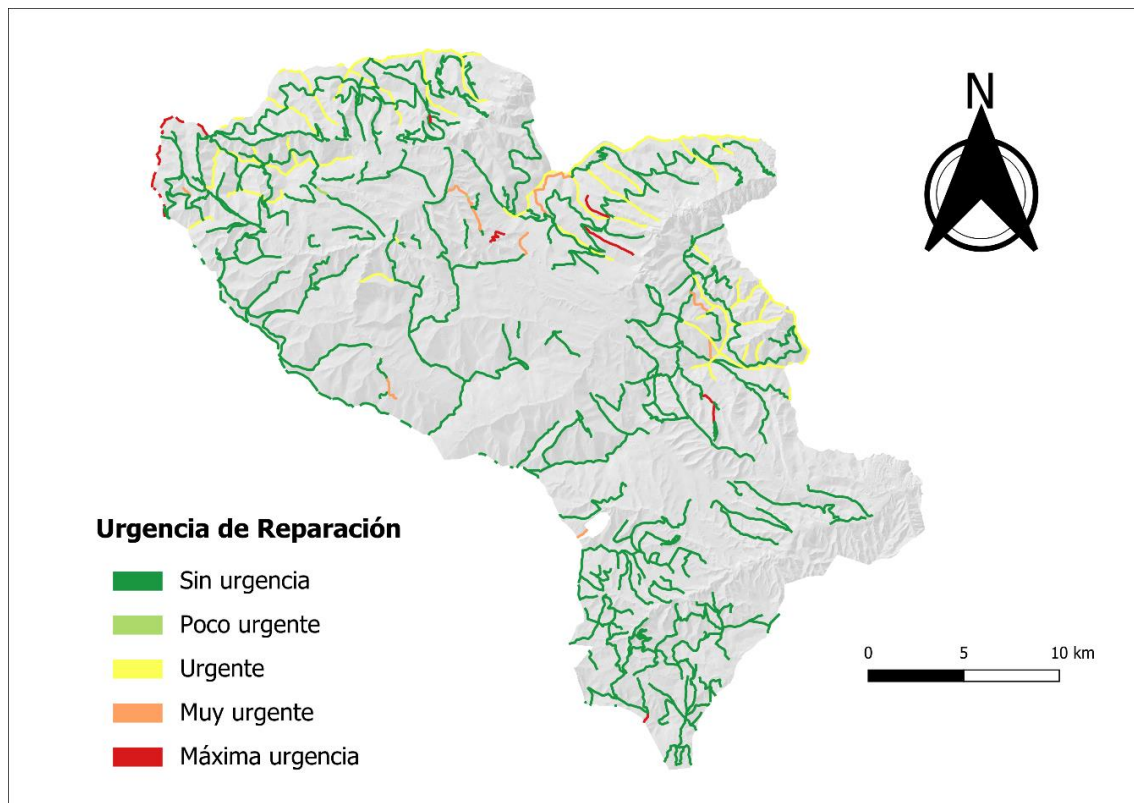


Figura 48. Urgencia de reparación de las pistas y caminos.

## 8.2.2 CUADRILLAS TERRESTRES

Las cuadrillas terrestres (indicativo ROMEO) realizan tratamientos silvícolas y están disponibles para la extinción. Están formadas por un capataz forestal y seis peones especialistas que se desplazan con vehículos todoterreno por tierra. La cuadrilla realiza actuaciones preventivas, actividades formativas, y de entrenamiento o espera en estado de retén durante 7 días a la semana en un lugar determinado.

Las cuadrillas terrestres nocturnas (indicativo NOVEMBER) están formadas por un capataz, cuatro peones especialistas y se desplazan en un vehículo pick-up con depósito de agua. El horario habitual es de 22:00 a 6:00 h

Las ROMEO y las NOVEMBER van codificadas por un número correlativo y su provincia.

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales *“El contrato incluye un periodo de disponibilidad, en el cual la cuadrilla deberá estar permanentemente localizable por teléfono dentro y fuera de su jornada de trabajo. La hora de entrada o salida es la determinada por la Administración, al igual que la ubicación los tajos previstos. Las cuadrillas cuentan con un localizador que permite conocer su ubicación a tiempo real, aumentando la seguridad en el incendio.”*

Las tareas de tratamientos silvícolas permiten mejorar el estado de las masas arboladas y reducen el riesgo de incendios forestales. En la época de peligro alto tienen un procedimiento de descanso diario (horas de parada en estado de retén) que dependerá del riesgo de incendios, con el fin de acudir a los incendios con menor fatiga y más rapidez.

En la provincia de Soria existen un total de 12 cuadrillas terrestres, de las cuales 2 se encuentran en la comarca de tierras altas. Se tratan de los Romeo 10.7 y 11.7.(Tabla 24)

| <b>CÓDIGO</b> | <b>NOMBRE</b>         |
|---------------|-----------------------|
| ROMEO 2.7     | San Leonardo de Yagüe |
| ROMEO 3.7     | Pinar Grande          |
| ROMEO 4.7     | Burgo de Osma         |
| ROMEO 5.7     | Bayubas               |
| ROMEO 6.7     | Quintana Redonda      |
| ROMEO 7.7     | Almazán               |
| ROMEO 9.7     | Ágreda                |
| ROMEO 10.7    | San Pedro Manrique    |
| ROMEO 11.7    | Yanguas               |
| ROMEO 12.7    | Almarza               |
| ROMEO 13.7    | Covaleda              |
| ROMEO 14.7    | Vinuesa               |

*Tabla 24. Cuadrillas terrestres en la provincia de Soria.*

### 8.2.3 VEHÍCULOS AUTOBOMBAS

Las autobombas (indicativo CHARLIE) son camiones todoterreno que cuentan con un depósito de agua con una capacidad entre 3000 a 5000 litros y las herramientas necesarias para poder llevar a cabo las tareas de extinción.

Las autobombas también se codifican con un número correlativo y el indicativo de la provincia.

La dotación de las CHARLIE está formada por un Oficial de Primera conductor y un Peón de Montes que hace tareas de manguerista. Los periodos de prestación de las autobombas son: 4 meses, de 6 meses y de 9 meses. En la actualidad se han incluido las dotaciones nocturnas.

Para disponer de autobombas adicionales se han suscrito una serie de convenios de colaboración con Ayuntamientos, Mancomunidades y Diputaciones. El número de vehículos conveniados depende del año, pero está alrededor de 100 en todo Castilla y León.

En la provincia de Soria existen un total de 27 vehículos autobombas, de los cuales 1 se encuentran en la comarca de tierras altas. Se trata de las Charlie 10.7.(Tabla 25)

Las autobombas del Burgo de Osma (C 7.7) y de Soria (C 1.7) tienen dotaciones nocturnas.

| <b>Nombre</b>                 | <b>Indicativo</b> | <b>Propietario</b>       |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Autobomba de Soria            | C1.7              | Junta de Castilla y León |
| Autobomba de Bayubas de abajo | C8.7              | Junta de Castilla y León |
| Autobomba del Burgo           | C7.7              | Junta de Castilla y León |
| Nodriza de Amogable           | C2.7              | Junta de Castilla y León |
| Multiusos Amogable            | C3.7              | Junta de Castilla y León |
| Autobomba de Almazán          | C9.7              | Junta de Castilla y León |

|                                 |       |                          |
|---------------------------------|-------|--------------------------|
| Autobomba Lubia                 | C11.7 | Junta de Castilla y León |
| Autobomba Agreda                | C12.7 | Junta de Castilla y León |
| Autobomba de San Pedro          | C10.7 | Junta de Castilla y León |
| Autobomba de Almarza            | C6.7  | Junta de Castilla y León |
| Autobomba Vinuesa               | C5.7  | Junta de Castilla y León |
| Autobomba Los Molinos           | C4.7  | Junta de Castilla y León |
| Arcos de Jalón                  | C23.7 | Ayuntamiento             |
| Duruelo de la Sierra            | C24.7 | Ayuntamiento             |
| San Leonardo de Yagüe           | C20.7 | Ayuntamiento             |
| Mancomunidad del Rio Izana      | C22.7 | Mancomunidad             |
| Mancomunidad de Pinares         | C21.7 | Mancomunidad             |
| Parque de Agreda                |       | Diputación               |
| Parque de Agreda                |       | Diputación               |
| Parque de Ólvega                |       | Diputación               |
| Parque de Ólvega                |       | Diputación               |
| Parque de Almazán               |       | Diputación               |
| Parque de Almazán               |       | Diputación               |
| Parque de San Esteban de Gormaz |       | Diputación               |
| Parque de San Esteban de Gormaz |       | Diputación               |
| Parque del Burgo de Osma        |       | Diputación               |
| Parque del Burgo de Osma        |       | Diputación               |

*Tabla 25. Vehículos autobombas en la provincia de Soria.*

## 8.2.4 RETENES DE MAQUINARIA PESADA

Los retenes de maquinaria pesada (indicativo DELTA) están compuestos por 1 góndola, 1 bulldozer, 1 vehículo todo terreno, 1 conductores y 1 maquinista. Se encuentran siempre localizados y están en su ubicación durante 10 horas al día. Se usan tanto para la prevención como para la extinción de incendios forestales, ya que se usan para abrir cortafuegos y mantener los existentes y para realizar ataque directo e indirecto. En la provincia de Soria existen dos retenes de maquinaria pesada denominados DELTA 1.7 en Soria y DELTA 2.7 en Covalada.

## 8.2.5 CUADRILLAS HELITRANSPORTADAS

Las cuadrillas helitransportadas (indicativo ELIF) trabajan en la prevención y extinción de incendios forestales. Pueden desplazarse en helicóptero o en vehículo todoterreno.

- Las cuadrillas helitransportadas durante la época peligro alto se desplazan en helicóptero. Y durante el resto del año realizan trabajos preventivos con disponibilidad de realizar tareas de extinción.
- Las Brigadas de Refuerzo en Incendios Forestales (indicativo BRIF) pertenecen al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y dan un servicio de apoyo a las comunidades autónomas de todo el territorio nacional.

En la provincia de Soria existen un total de 2 cuadrillas helitransportadas. Son la ELIF-A de Garray y la BRIF-A de Lubia.

## 8.2.6 MEDIOS AÉREOS

Los medios aéreos son un instrumento fundamental, ya que reducen los tiempos de respuesta. Todos los medios de esta comunidad tienen despacho automático, a excepción de los medios del ministerio (anfíbios y BRIF). El despacho automático significa que el medio aéreo puede salir automáticamente a cualquier aviso en un radio de unos 50 km.

La BRIF-A de Lubia tiene como zona de actuación preferente la provincia y es un medio despachado legalmente.

Los medios aéreos se codifican con la inicial de la provincia (en caso de repetición, la posterior) y con un número correlativo.

En Soria se utiliza el indicativo OSCAR 1 para el medio aéreo de la base de Garray. Está operativo desde el 17/06 al 12/10. (Tabla 26)

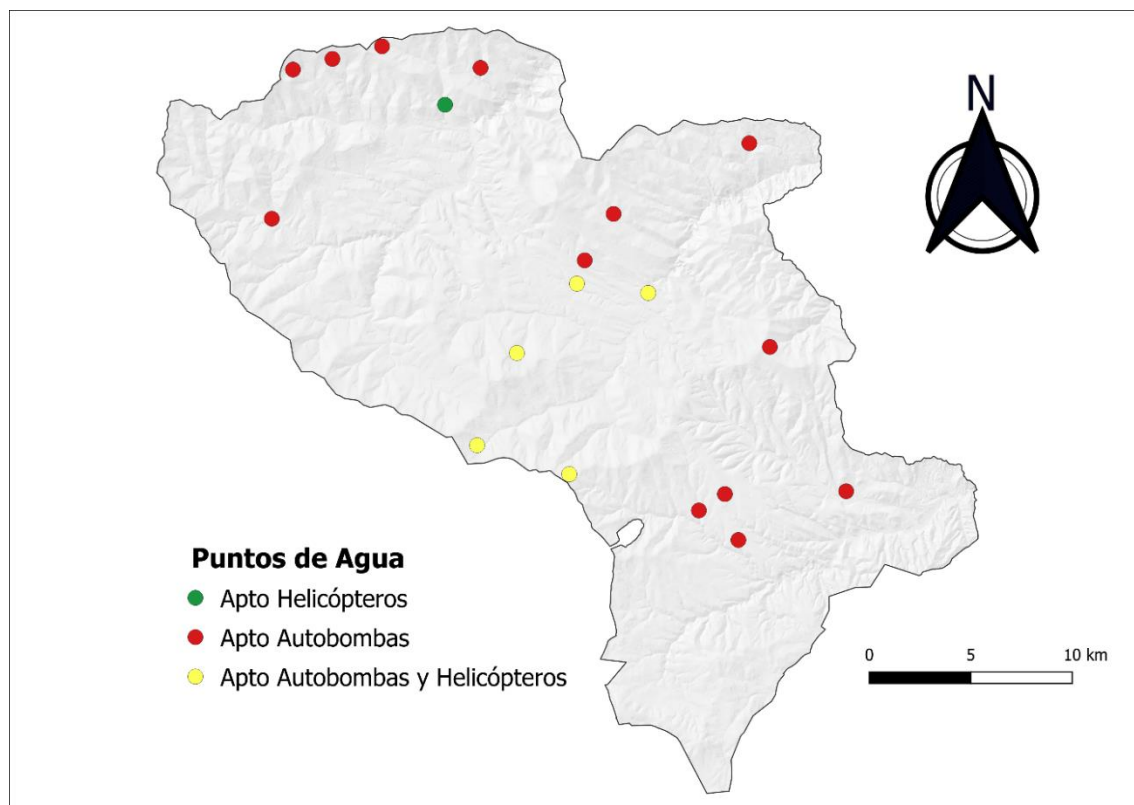
| CÓDIGO      | NOMBRE       |
|-------------|--------------|
| LY-O1       | OSCAR 1      |
| MZ-7, MZ-7B | BRIF-A Lubia |

Tabla 26. Cuadrillas helitransportadas en la provincia de Soria.

## 8.2.7 PUNTOS DE AGUA

Castilla y León cuenta con una amplia red de puntos de agua. La red de puntos de agua pueden ser naturales (ríos, lagunas, charcas, arroyos, etc.) o artificiales (estanques, canales, piscinas, etc.), o creadas únicamente para la extinción de incendios forestales en zonas sin otros puntos de agua o con falta de accesibilidad, de apoyo a la extinción o en zonas con alta problemática de incendios. Además, los embalses permiten recargar a los aviones anfíbios.

En la comarca de Tierras altas hay un total de 19 puntos de agua, de los cuales 6 son aptos para carga de helicópteros. (Figura 49)



*Figura 49. Puntos de Agua. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia*

Para analizar la distribución en el territorio de la provincia de los puntos de agua de carga de helicóptero se han obtenido los buffers concéntricos a los puntos de agua existentes con radios de 2,5 km, 5 km, 7,5 km y 10 km. Estas distancias son recorridas en viaje de ida y vuelta por un helicóptero a una velocidad de 150 km/h en tiempos de 2 min, 4 min, 6 min y 8 min. (Figura 50). En la siguiente figura se puede deducir la cobertura de puntos de agua para carga en helicóptero.



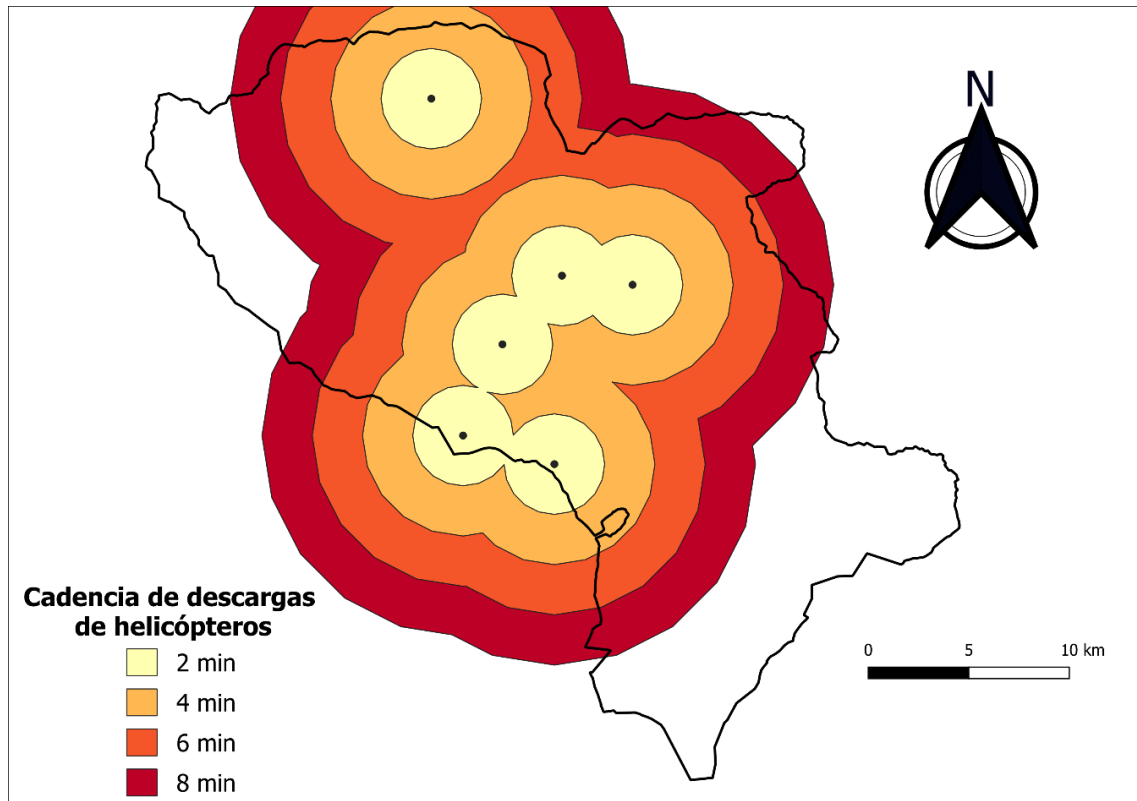


Figura 50. Isócronas entorno a los puntos de agua de carga de helicóptero. (ida y vuelta)

## 8.2.8 CORTAFUEGOS

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales “Las áreas o fajas cortafuegos son superficies sin vegetación o con menor carga de combustible, que pueden estar asociadas o no a infraestructuras viarias. Se crean para conseguir, en caso de incendio, frenar el avance de las llamas o disminuir su intensidad y favorecer de esta forma las labores de extinción al crear una discontinuidad en la vegetación y permitir que desde la misma se puedan actuar en la extinción como apoyo de labores de defensa directa o indirecta. Su anchura es variable en función del combustible, pendiente, exposición o topografía. Estas infraestructuras requieren de un mantenimiento periódico y en otros casos de apertura de nuevos accesos en función del crecimiento y la ordenación de las masas, lo que requiere una inversión anual específica. “

La red de cortafuegos de la comarca cuenta con 278 km de cortafuegos. La gran mayoría en el norte y noreste de la comarca. (Figura 51)

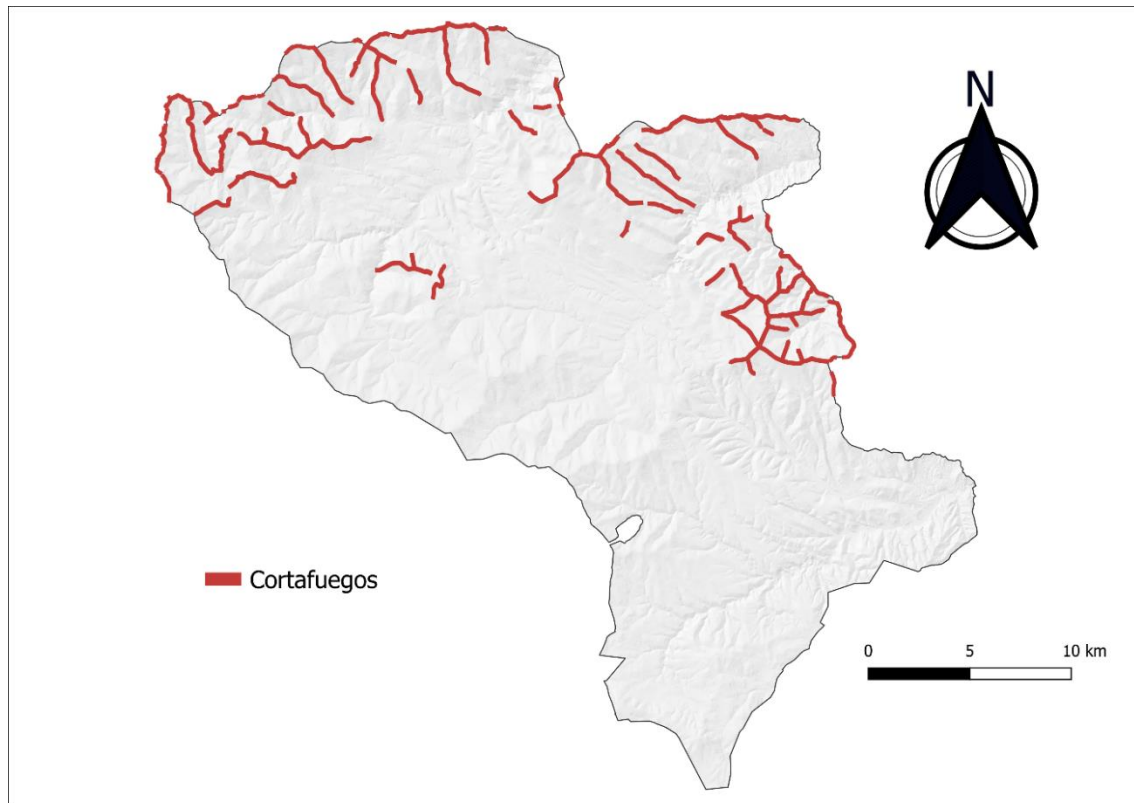


Figura 51. Red de cortafuegos. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia

## 8.2.9 RED DE COMUNICACIONES

Según DECRETO-LEY 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales *“El Operativo dispone de un sistema propio de comunicaciones para los medios que lo conforman. La comunicación consiste en la transmisión de la información a través de ondas radioeléctricas. La comunicación de los medios terrestres se hace mediante frecuencia modulada (FM) y la aérea se hace por modulación de la amplitud (AM).*

*Para poder comunicarse, los medios de extinción disponen de emisoras fijas o móviles.*

*La red de comunicación de cada provincia permite la transmisión a través de:*

**Modalidad de Comunicación simplex:** *cada emisora contacta directamente con otras que estén dentro de su alcance. Utilizan una sola frecuencia (transmisión=recepción). Es una comunicación alternativa entre los equipos y por vía directa, sin utilizar repetidores. El alcance puede verse limitado por los obstáculos existentes (líneas de alta tensión, montañas, etc.). Salvo en zonas muy abruptas, su uso está recomendado durante los trabajos de extinción.*

**Modalidad de Comunicación semidúplex:** *cada emisora contacta con las otras a través de un repetidor, pero no directamente. Utilizan un canal de dos frecuencias (una de transmisión y otra de recepción). Es una comunicación alternativa entre los equipos mediante repetidor. Los repetidores se ponen en puntos dominantes y tienen más potencia que las emisoras portátiles, por lo que tienen mayor alcance. No obstante, los obstáculos*

*intermedios siguen condicionando mucho el alcance de la señal. Son los que se usan habitualmente para transmitir al CPM las alertas de incendio y despachar los medios desde allí. Se sitúan a lo largo de toda la comunidad para radio enlazar todos los canales y que las comunicaciones sean efectivas en todas las comarcas. La red de comunicaciones está formada por sectores y cada uno usa un canal de comunicación distinto. “*

Los canales utilizados en la provincia de Soria son los que se exponen en la tabla. (Tabla 27).

| <b>Canales directos (simplex)</b> | <b>Canales a través de repetidor (semidúplex)</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 10                                | 74 / 75 / 76 / 77 / 78 / 79 / 87 / 88 / 89        |

*Tabla 27. Canales de comunicación de la provincia de Soria. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia*

Por último, hay que hacer referencia a las comunicaciones tierra-aire, necesarias para establecer contacto con los medios aéreos. Las frecuencias utilizadas en Soria son las que se exponen en la tabla. (Tabla 28).

| <b>Principal</b> | <b>Auxiliar</b> |
|------------------|-----------------|
| 122,350          | 123,425         |

*Tabla 28. Frecuencias aéreas de la provincia de Soria. Fuente: Junta de Castilla y León. Elaboración propia*



## 9 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO Y PELIGRO DE INCENDIOS

Hay una serie de factores que afectan a la aparición y propagación de los incendios forestales y determinan su riesgo. El conocimiento de estos factores es de gran importancia a la hora de planificar los trabajos de prevención y extinción de incendios forestales.

Estos factores se dividen en 2 grupos:

- Intrínsecos: aquellos que determinan el comportamiento del incendio.
- Extrínsecos: aquellos que determinan la predisposición a que ocurra un incendio.

Conociendo estos factores y el territorio, podemos elaborar una metodología que nos permita determinar el riesgo de que se produzca un incendio forestal, su evolución y si afecta o no a bienes naturales.

Conocer el riesgo nos permite llevar a cabo una correcta política de prevención, vigilancia y extinción, e informar a los ciudadanos para que tomen precauciones en sus actividades en el medio rural.

Para el cálculo del riesgo, la metodología utilizada está basada en el plan director de defensa contra incendios forestales de Castilla la Mancha. [2]

Para determinar el riesgo se han analizado la peligrosidad y la vulnerabilidad. Al integrar ambos factores, se define el riesgo. (Figura 52)

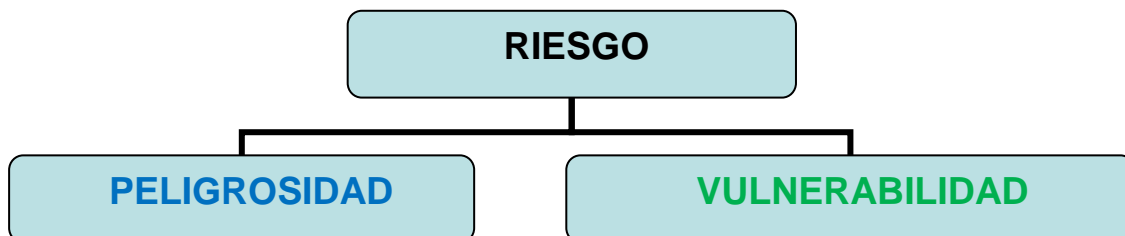


Figura 52. Riesgo en función de la peligrosidad y vulnerabilidad. [2]

**PELIGROSIDAD:** es la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en un espacio y tiempo determinado y que produce unos efectos determinados en las personas, en los bienes y en el medio ambiente.

**VULNERABILIDAD:** es la posibilidad de que el incendio forestal afecte a elementos de interés (económico, ecológico, social o cultural). Su conocimiento es fundamental para determinar el riesgo.

**RIESGO:** es el resultado de integrar la peligrosidad y la vulnerabilidad.

Para estimar el riesgo debemos estudiar y evaluar la amenaza o el peligro, así como su vulnerabilidad.

Mediante los sistemas de información geográfica (SIG) se analiza la peligrosidad y la vulnerabilidad para cada uno de los parámetros de estudio. Las decisiones en la gestión

de medios y técnicas de defensa tiene que contar con el riesgo pues este integra ambos factores (peligrosidad y vulnerabilidad). Para hacer el estudio de riesgos, se utilizó una malla kilométrica, obteniendo unos valores que se utilizaron para obtener el riesgo de la comarca de Tierras Altas. (Figura 53 y Figura 54).

El peligro viene definido por la recurrencia de los incendios forestales, su virulencia y la entidad que alcance. En este estudio se analiza el peligro mediante el análisis las condiciones de la vegetación y mediante el estudio estadístico de los registros históricos de incendios procedentes de la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF). Para estimar la vulnerabilidad de los lugares y elementos por donde puede pasar el fuego se tiene en cuenta la presencia humana, los valores ambientales y la eficacia en la extinción de los medios.

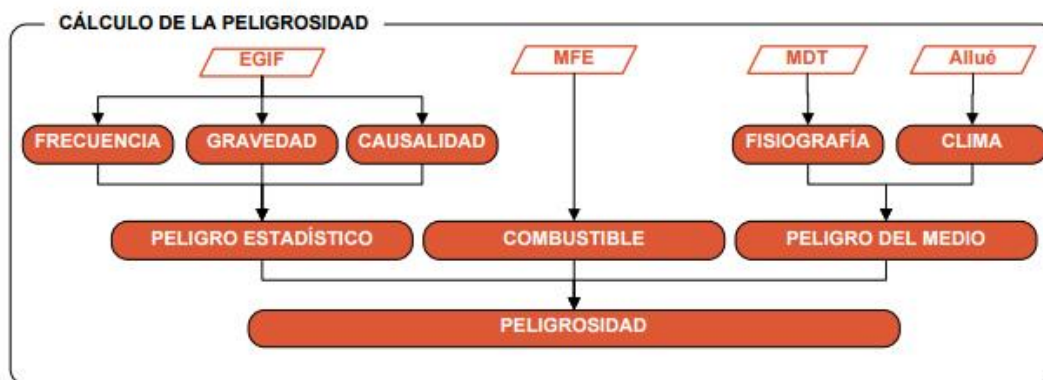


Figura 53. Cálculo de la peligrosidad.

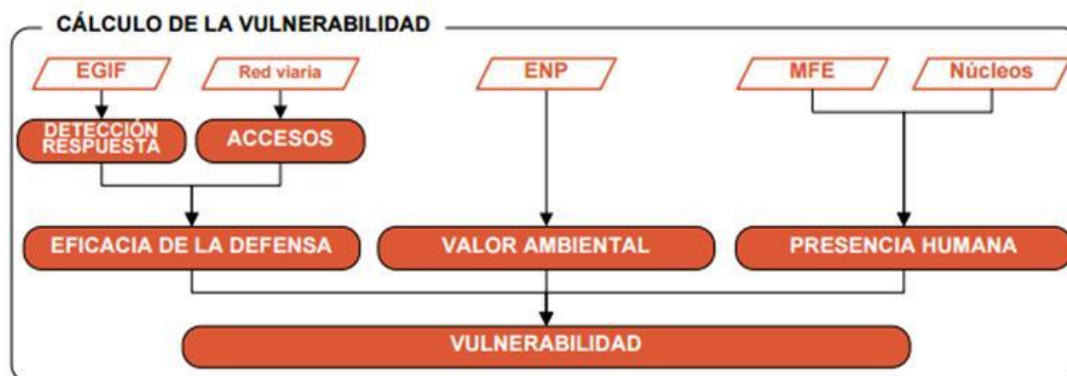


Figura 54. Cálculo de la vulnerabilidad.

## 9.1 PELIGROSIDAD

La peligrosidad se obtiene integrando los siguientes factores:

- Peligro estadístico, analizando el histórico de los incendios de la comarca. (EGIF).
- La peligrosidad propia del combustible.
- Peligro que se deriva del medio.

Se analiza cada elemento y se clasifica en categorías según su peligrosidad. Se utilizan valores numéricos para poder realizar las integraciones entre varios factores. (Tabla 29)

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Valor</b> |
|---------------------|--------------|
| Nula o despreciable | 0            |
| Peligrosidad baja   | 1            |
| Peligrosidad media  | 2            |
| Peligrosidad alta   | 3            |

Tabla 29. Categorización de la peligrosidad.

### 9.1.1 PELIGRO ESTADÍSTICO

El peligro estadístico se obtiene de la integración de los datos de frecuencia, gravedad y causalidad. Estos datos se han obtenido del análisis de la EGIF sobre una serie de 12 años. (2003-2015).

#### Frecuencia

La frecuencia se ha obtenido de la frecuencia absoluta de incendios agrupada por cuadrícula (Figura 55). Para poder analizarlo más tarde, se han determinado 3 clases según el número de incendios. El resultado es una clasificación con los siguientes criterios. (Tabla 30)

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Criterio</b> |
|---------------------|-----------------|
| Nula o despreciable | Sin incendios   |
| Peligrosidad baja   | 1               |
| Pendiente media     | 2               |
| Peligrosidad alta   | >2              |

Tabla 30. Criterios de clasificación de la frecuencia de incendios.

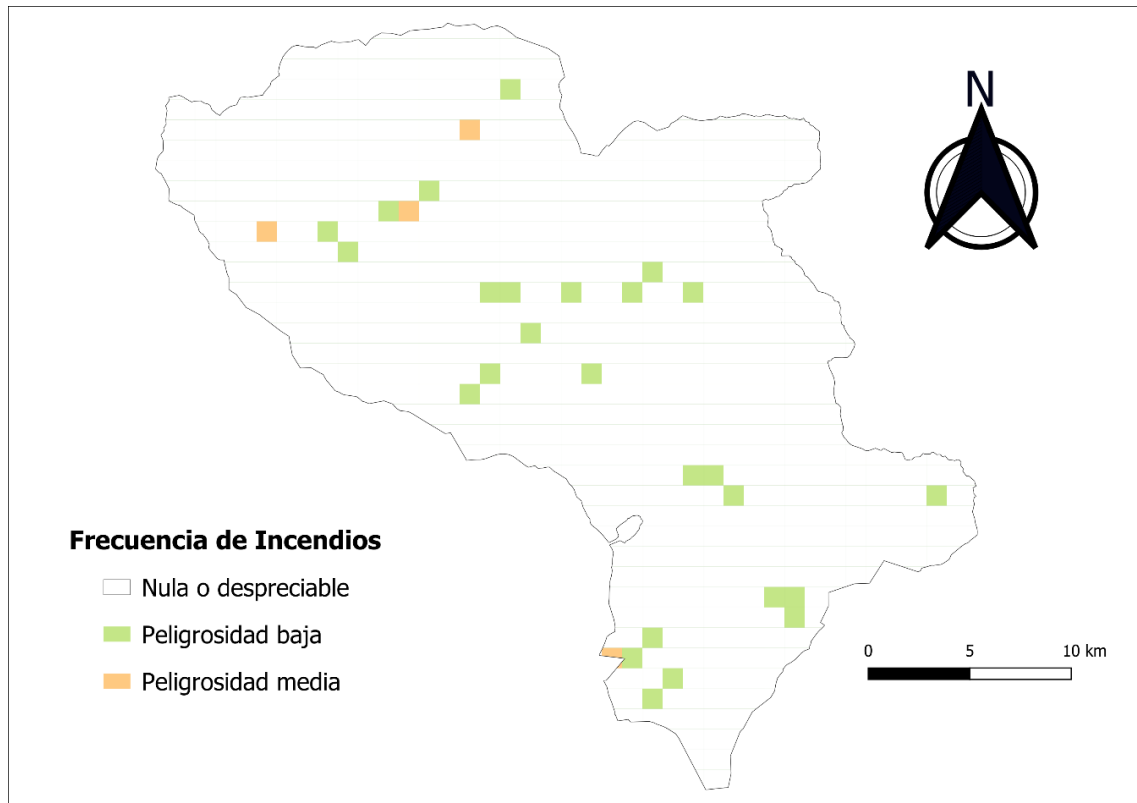


Figura 55. Mapa de frecuencia de incendios.

### **Gravedad**

Se obtiene agrupando por cuadrícula la superficie media de los incendios. Se agrupan en función de si ha sido un incendio pequeño, mediano o grande. (Figura 56). El resultado es una clasificación con los siguientes criterios. (Tabla 31)

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Criterio</b>  | <b>Rango</b> |
|---------------------|------------------|--------------|
| Nula o despreciable | Sin incendios    | 0            |
| Peligrosidad baja   | Pequeño incendio | <20          |
| Peligrosidad media  | Incendio mediano | 20-100       |
| Peligrosidad alta   | Gran incendio    | >100         |

Tabla 31. Criterios de clasificación de la gravedad de incendios.



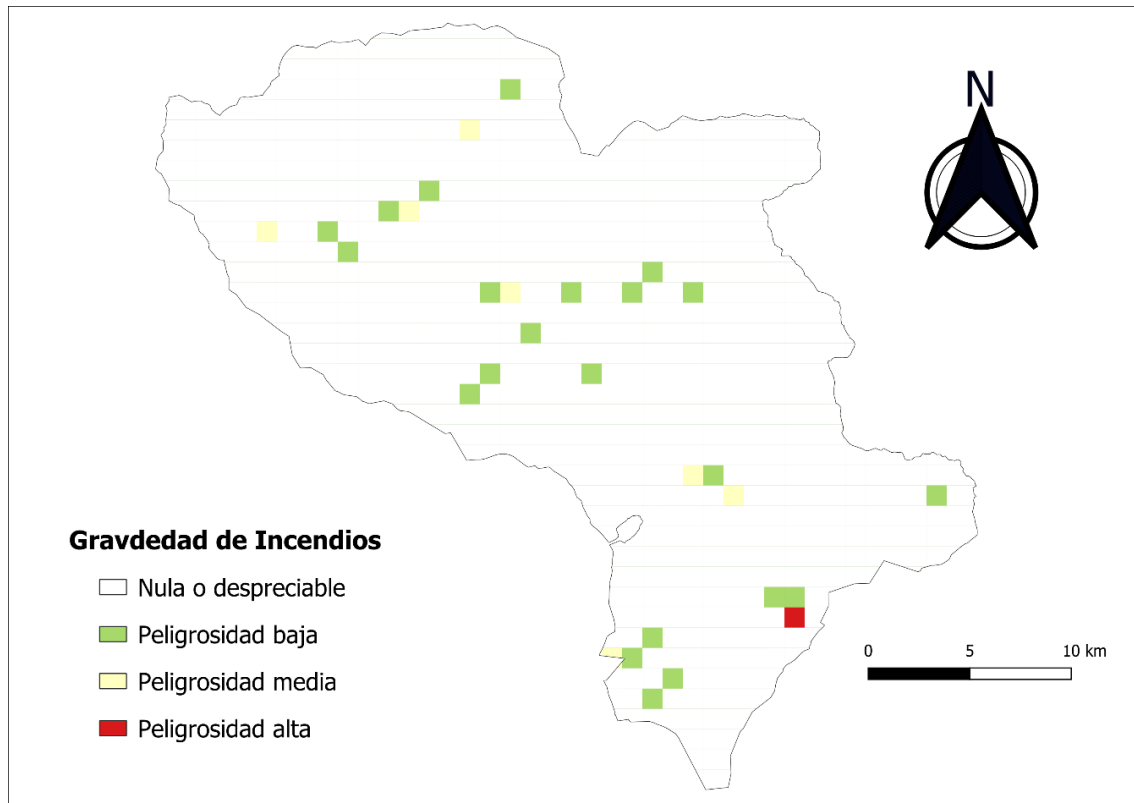


Figura 56. Mapa de gravedad de incendios.

### **Causalidad**

Para obtener la causalidad se ha recurrido a la EGIF. Igual que en los anteriores, se hace una referencia espacial sobre una cuadrícula. Se utiliza el grupo causa de la base de datos EGIF y para cada grupo se obtiene la frecuencia absoluta. En una cuadrícula, pueden coexistir incendios con diferentes causas. La asignación final de un tipo de causa a una cuadrícula se realiza utilizando la causa más frecuente en la cuadrícula. (Tabla 32)

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Criterio</b> | <b>Rango</b>                        |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Nula o despreciable | Sin incendios   | Sin incendios                       |
| Peligrosidad baja   | Ambientales     | Rayo                                |
| Peligrosidad media  | Antrópicos      | Negligencias y causas accidentales  |
| Peligrosidad alta   | Intencionados   | Intencionados y causas desconocidas |

Tabla 32. Criterios de clasificación de la causalidad de incendios.

El grupo causas ambientales va a tener una peligrosidad menor ya que van a ser más predecibles. Y el grupo de causas intencionados van a ser más peligrosas ya que van a ser más impredecibles. En la siguiente figura podemos ver un mapa con la peligrosidad en función de la causa. (Figura 57).

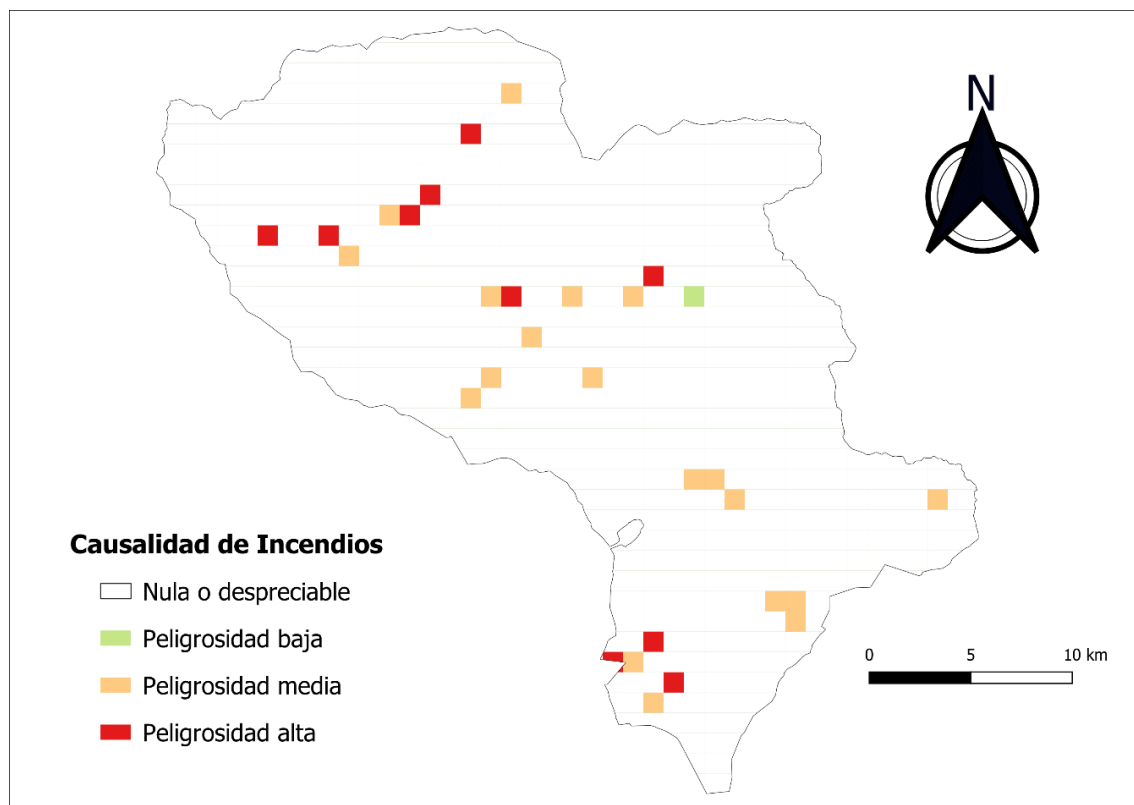


Figura 57. Mapa de causalidad de incendios.

### **Integración. Generación del peligro estadístico**

Para integrar los factores del peligro estadístico, se realiza una suma y se clasifica:

$$\text{PELIGRO ESTADISTICO TOTAL (PET)} = \text{Frecuencia} + \text{Gravedad} + \text{Causalidad}$$

Se han clasificado en 4 clases con los siguientes criterios. (Tabla 33)

| Peligrosidad        | Criterio |
|---------------------|----------|
| Nula o despreciable |          |
| Peligrosidad baja   | 1,2,3    |
| Peligrosidad media  | 4,5,6    |
| Peligrosidad alta   | 7,8,9    |

Tabla 33. Criterios de clasificación para la obtención del peligro estadístico.

A continuación, podemos ver el mapa de peligro estadístico de la comarca. (Figura 58)

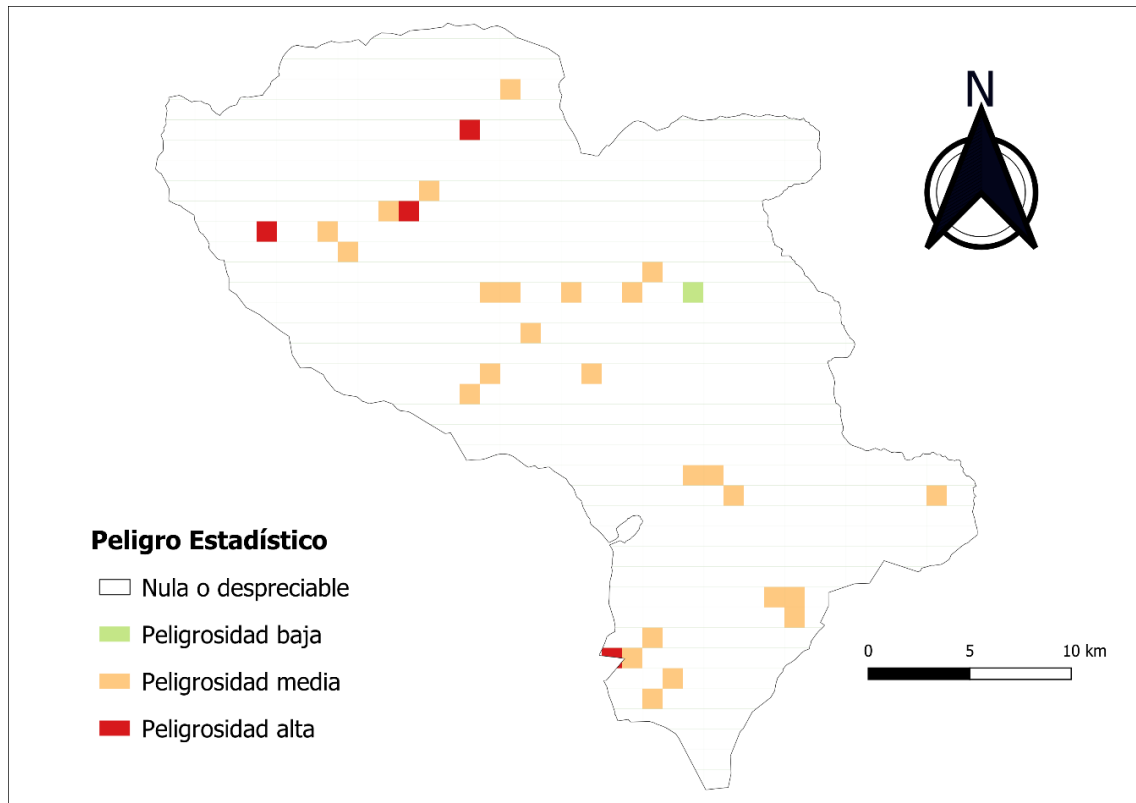


Figura 58. Mapa de peligro estadístico.

### 9.1.2 COMBUSTIBLE

Se ha utilizado el mapa de combustibles de la comarca. (Figura 34). Se agrupan los modelos de combustible en función de su peligrosidad en 3 clases. Los criterios de la clasificación se muestran en la siguiente tabla (Tabla 34):

| Peligrosidad       | Modelo de combustible |
|--------------------|-----------------------|
| Peligrosidad baja  | 1,2                   |
| Peligrosidad media | 3,5,8,9               |
| Peligrosidad alta  | 4,6,7,10              |

Tabla 34. Peligrosidad por combustible.

Los matorrales tienen una peligrosidad alta ya que tienen una mayor capacidad para arder y emiten una cantidad de energía mayor. El pastizal tiene una peligrosidad baja ya que desprende poca energía y es más difícil que se propague. En la figura siguiente podemos ver la peligrosidad en función del combustible. (Figura 59)

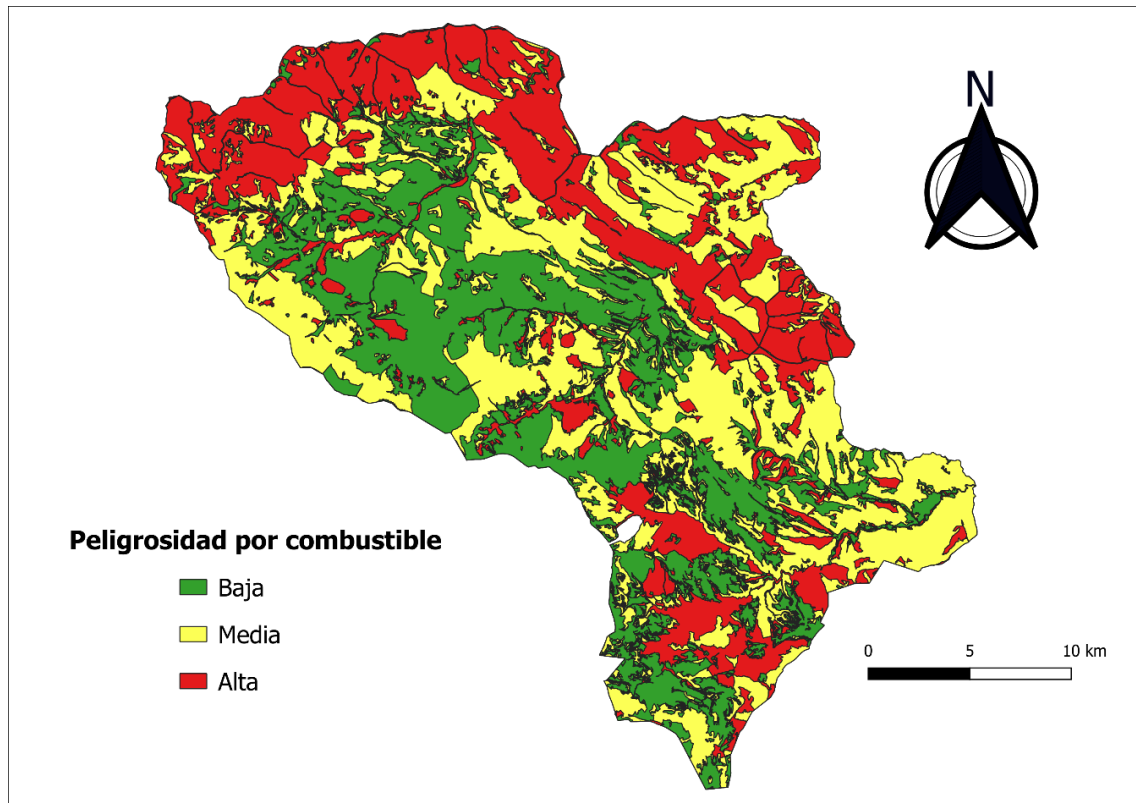


Figura 59. Mapa de peligrosidad por combustible.

### 9.1.3 PELIGRO DEL MEDIO

El peligro del medio se obtiene integrando los datos de pendiente y clima.

#### Peligrosidad por fisiografía:

La pendiente se clasifica en 3 rangos que se identifican con zonas con pendiente nula, moderada, media y alta. (Tabla 35).

Las zonas con pendiente van a ser más peligrosas ya que aumenta la velocidad del fuego y dificultan el acceso.

| Peligrosidad        | Criterio           | Rango |
|---------------------|--------------------|-------|
| Nula o despreciable | Zonas llanas       | 0-5   |
| Peligrosidad baja   | Pendiente moderada | 5-20  |
| Peligrosidad media  | Pendiente media    | 20-40 |
| Peligrosidad alta   | Gran pendiente     | >40   |

Tabla 35. Criterios de clasificación de pendiente.

En el siguiente mapa podemos ver la peligrosidad en función de la fisiografía de la comarca. (Figura 60)

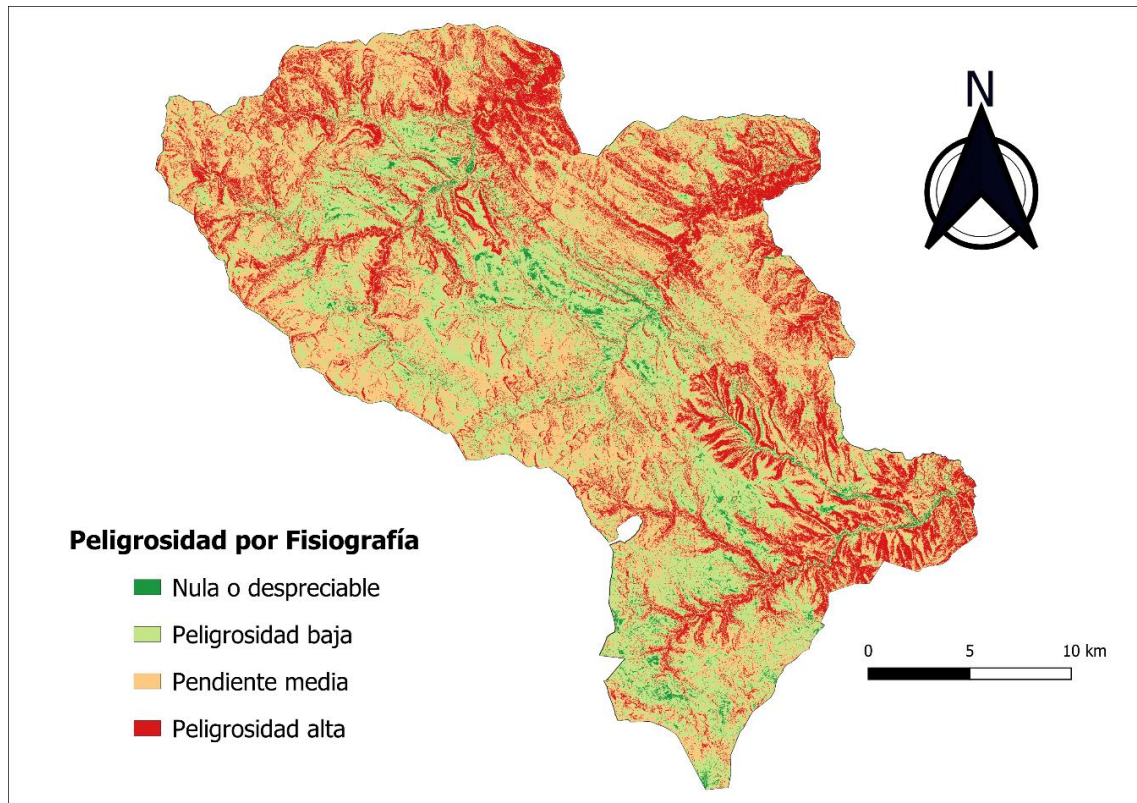


Figura 60. Mapa de peligrosidad por fisiografía.

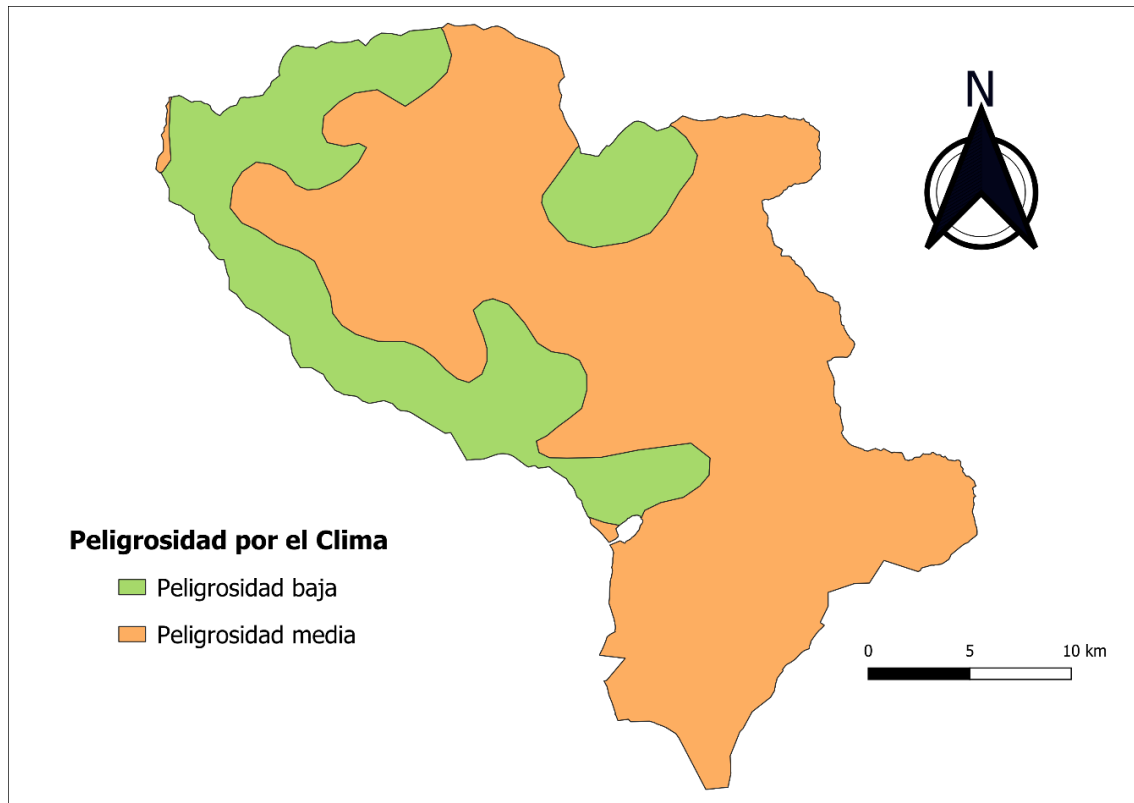
### **Peligrosidad por clima**

Para analizar la peligrosidad en función del clima se ha utilizado la Clasificación Fitoclimática de Allue [7]. (Figura 21). Los subtipos más secos y cálidos se han clasificado con una peligrosidad alta y los más fríos y húmedos de alta montaña con una peligrosidad baja. (Tabla 36).

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Criterio</b>           | <b>Código</b>             |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peligrosidad baja   | Fríos y húmedos           | VII(VI), X(IX)2           |
| Peligrosidad media  | Mediterráneos y nemorales | VI(IV)2, VI(IV)1, VI(VII) |
| Peligrosidad alta   | Secos y cálidos           | IV1, IV3, IV4, IV(VI)1    |

Tabla 36. Criterios de clasificación de la peligrosidad por el clima.

En el siguiente mapa podemos ver la peligrosidad en función del clima. (Figura 61)



*Figura 61. Mapa de peligrosidad por el clima.*

### **Integración. Peligro derivado del medio**

Los resultados obtenidos se han integrado realizando una suma y clasificándolos:

PELIGRO DERIVADO DEL MEDIO (PDM)= Fisiografía + Clima

Se han agrupado en tres clases y clasificado con los siguientes criterios. (Tabla 37)

| <b>Peligrosidad</b> | <b>Criterio</b> |
|---------------------|-----------------|
| Peligrosidad baja   | 1,2             |
| Peligrosidad media  | 3,4             |
| Peligrosidad alta   | 5,6             |

*Tabla 37. Criterios de clasificación para la obtención del peligro derivado del medio*

En el siguiente mapa podemos ver la peligrosidad en función del medio de la comarca. (Figura 62)

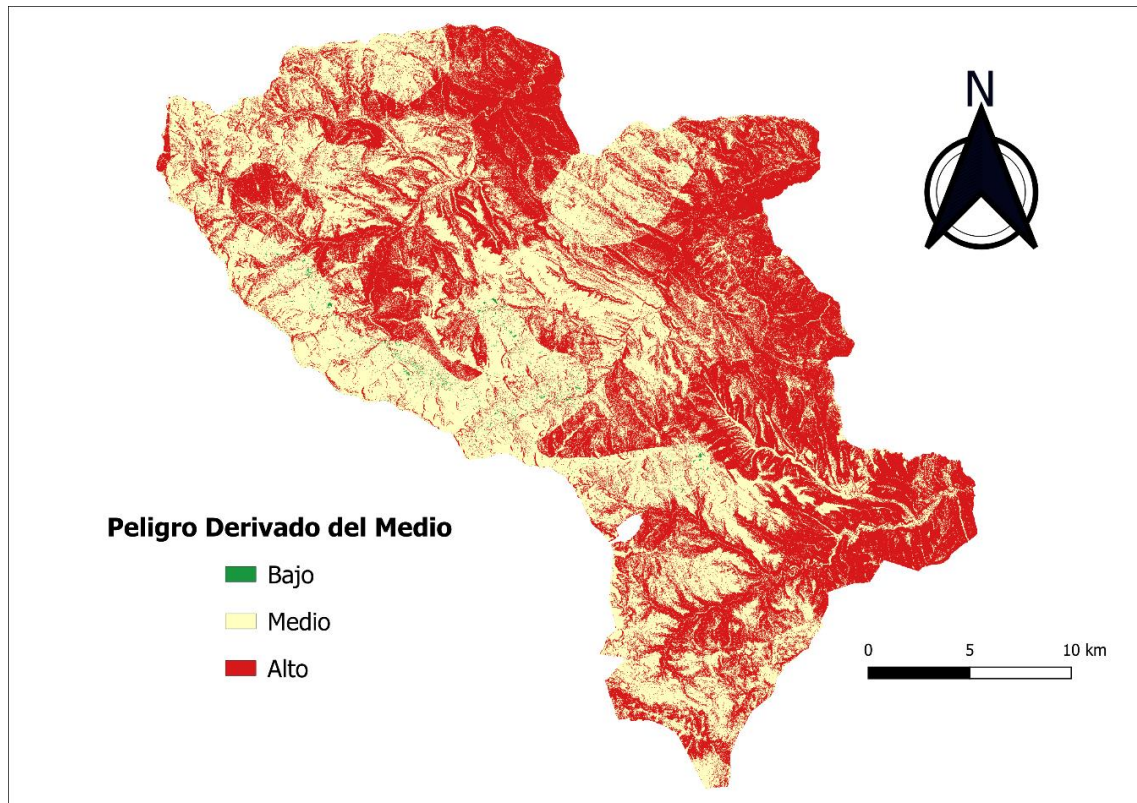


Figura 62. Mapa de peligro del medio.

#### 9.1.4 INTEGRACIÓN: OBTENCIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Para obtener la peligrosidad se ha integrado el peligro estadístico, el combustible y la peligrosidad del medio. Se han sumado y clasificado.

PELIGROSIDAD= Peligro estadístico + Combustible + Peligro del medio

Se han agrupado en tres clases y clasificado con los siguientes criterios. (Tabla 38)

| Peligrosidad       | Criterio |
|--------------------|----------|
| Peligrosidad baja  | 1,2,3    |
| Peligrosidad media | 4,5,6    |
| Peligrosidad alta  | 7,8,9    |

Tabla 38. Criterios de clasificación para la obtención del Peligro.

En el siguiente mapa podemos ver la peligrosidad de la comarca. (Figura 63)

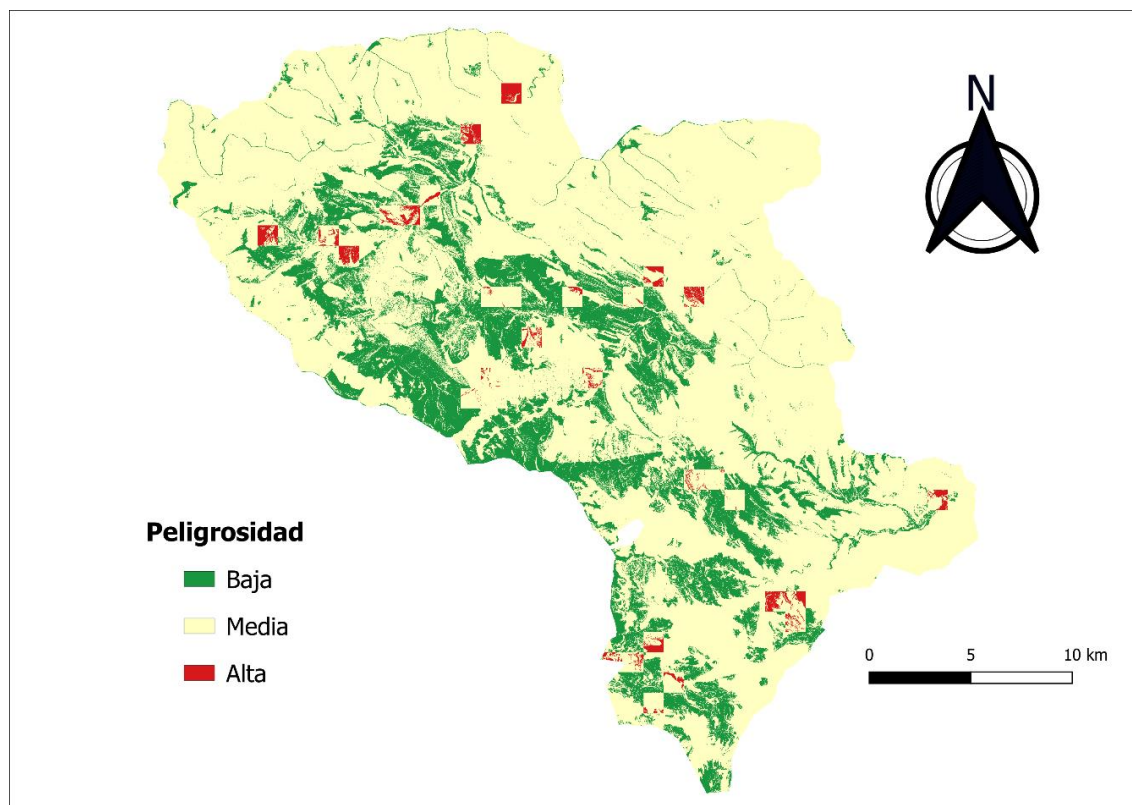


Figura 63. Mapa de Peligrosidad.

## 9.2 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se analiza a través del nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica. De esta manera estamos contribuyendo a conocer el riesgo mediante las interacciones de los elementos con el ambiente peligroso.

Para analizar la vulnerabilidad se han tenido en cuenta:

- La eficacia de la defensa contra incendios, el tiempo transcurrido desde la detección de un foco a la llegada del primer medio (datos EGIF) y la existencia de accesos.
- El valor ambiental en función de la existencia de parques nacionales, espacios naturales protegidos, Red Natura 2000 o áreas de especial protección para fauna.
- La presencia humana en función de la presencia de núcleos urbanos, edificaciones dispersas o zonas de posible concentración de población en terreno forestal (áreas recreativas, parques periurbanos ...).

Se ha asignado una correspondencia numérica para poder integrar varios factores. (Tabla 39).



| Vulnerabilidad       | Valor |
|----------------------|-------|
| Nula o despreciable  | 0     |
| Vulnerabilidad baja  | 1     |
| Vulnerabilidad media | 2     |
| Vulnerabilidad alta  | 3     |

Tabla 39. Criterios de clasificación de la vulnerabilidad.

## 9.2.1 EFICACIA DE LA DEFENSA

### Detección-Respuesta

Se ha obtenido el tiempo que tardan en llegar los medios de extinción a partir de que se detecta el incendio. El tiempo se ha obtenido a partir de la EGIF. Se han agrupado en tres clases y clasificado con los siguientes criterios.(Tabla 40)

| Vulnerabilidad       | Criterio     | Rango de tiempo |
|----------------------|--------------|-----------------|
| Vulnerabilidad baja  | Poco tiempo  | 0-15            |
| Vulnerabilidad media | Tiempo medio | 15-30           |
| Vulnerabilidad alta  | Mucho tiempo | >30             |

Tabla 40. Criterios de clasificación de la detección respuesta

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de detección- respuesta de la comarca. (Figura 64)

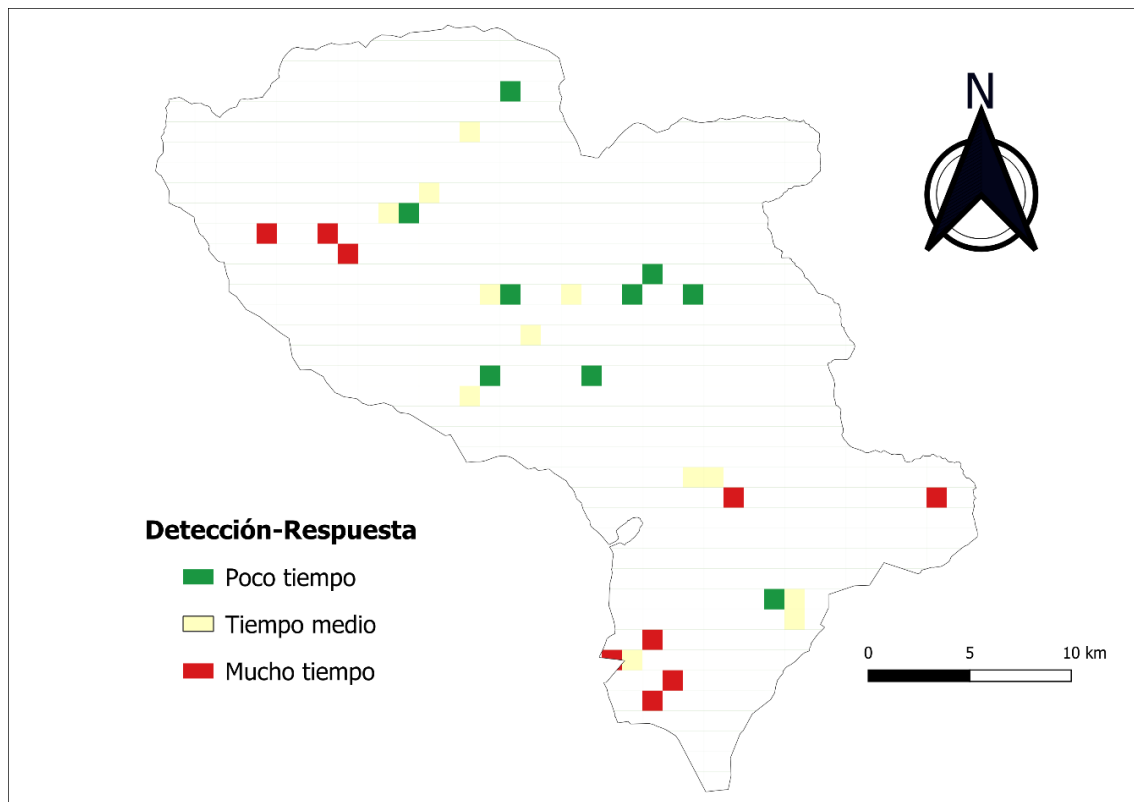


Figura 64. Mapa de detección-respuesta

### Accesos

Para cada cuadrícula se ha obtenido el número de vías y acceso contenidos en la misma, empleando como dato de entrada el mapa de red de accesos (Figura 47). Se ha asignado un valor mayor a las cuadrículas con baja densidad de accesos. Se han agrupado en 3 clases por cuantiles con los siguientes criterios.(Tabla 41)

| Vulnerabilidad       | Criterio    |
|----------------------|-------------|
| Vulnerabilidad baja  | Cuantil 1/3 |
| Vulnerabilidad media | Cuantil 2/3 |
| Vulnerabilidad alta  | Cuantil 3/3 |

Tabla 41. Criterios de clasificación de los accesos.

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de accesibilidad de la comarca. (Figura 65)

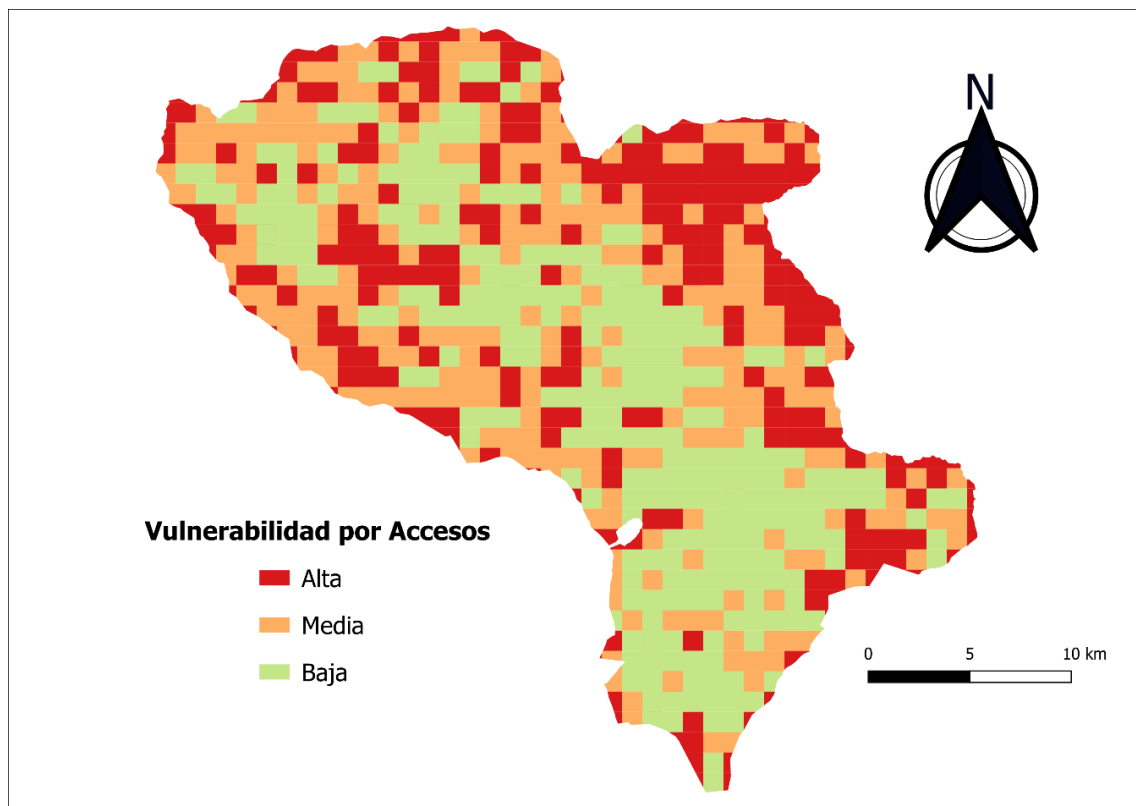


Figura 65. Mapa de accesos.

### Integración. Obtención de la eficacia de la defensa

Para obtener la eficacia de la defensa se han integrado los accesos y el tiempo de detección de respuesta y se ha realizado una suma de ambos valores.

EFICACIA DE LA DEFENSA (ED)= Detección de respuesta + accesos

Se agrupan en 3 clases y se clasifican según los siguientes criterios. (Tabla 42)

| Vulnerabilidad       | Criterio |
|----------------------|----------|
| Vulnerabilidad baja  | 1,2      |
| Vulnerabilidad media | 3,4      |
| Vulnerabilidad alta  | 5,6      |

Tabla 42. Criterios de clasificación para la obtención de la Eficacia en la defensa

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de eficacia de la defensa de la comarca. (Figura 66)

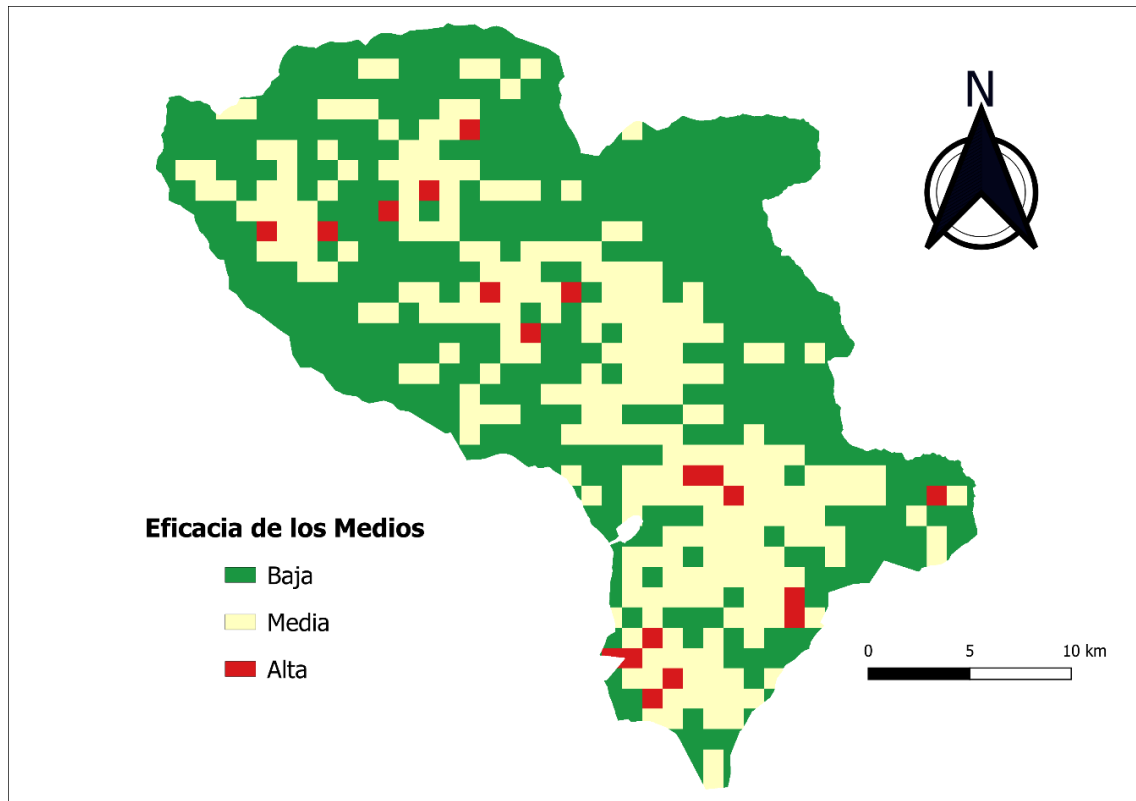


Figura 66. Mapa de eficacia en la defensa.

## 9.2.2 VALOR AMBIENTAL

El valor ambiental se ha obtenido del mapa de régimen de protección (Figura 35).

Se han agrupado en clases y se han clasificado según los siguientes criterios. (Tabla 43)

| Vulnerabilidad      | Criterio         |
|---------------------|------------------|
| Vulnerabilidad alta | Zonas ZEC Y ZEPA |

Tabla 43. Criterios de clasificación de los espacios naturales.

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de valor ambiental de la comarca. (Figura 67)

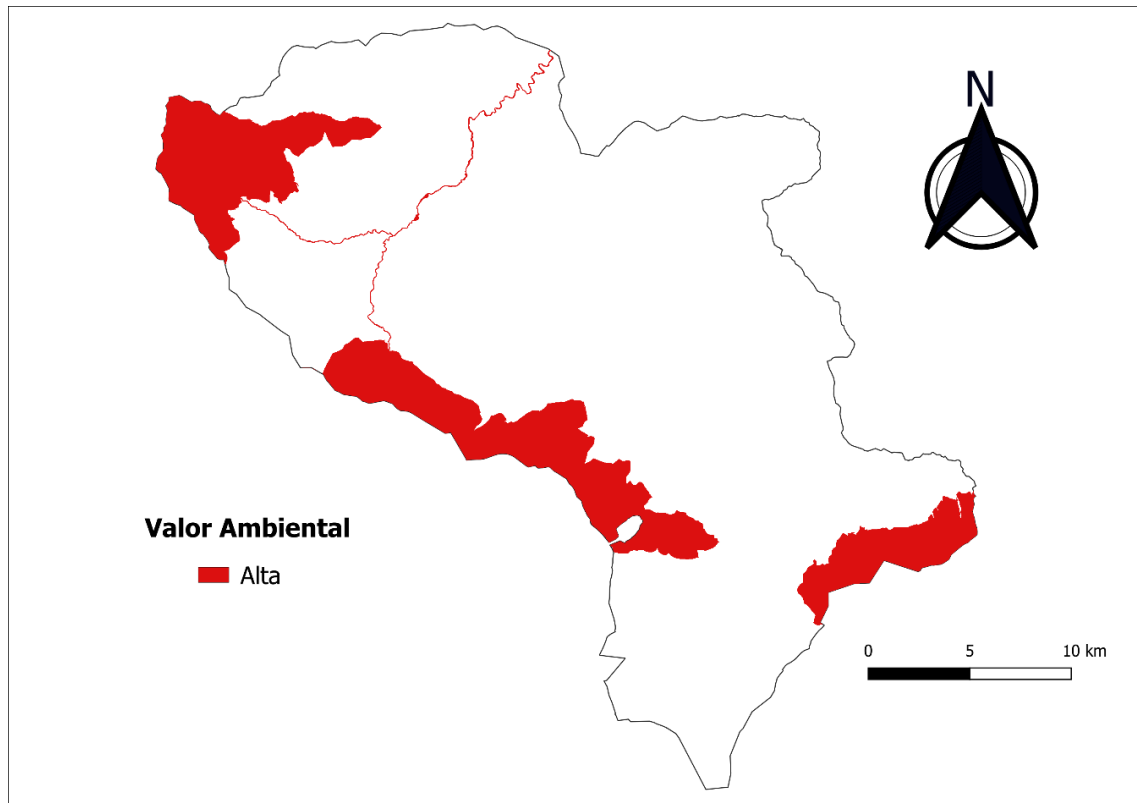


Figura 67. Mapa de valor ambiental.

### 9.2.3 OBTENCIÓN DE LA PRESENCIA HUMANA

Para la obtención de la presencia humana, se ha aumentado la superficie de las edificaciones presentes en la cartografía del catastro con un buffer de 500 m de radio y se ha diferenciado entre edificaciones dispersas y núcleos de población. (Tabla 44)

PRESENCIA HUMANA (PH)= núcleos de población+ edificación dispersa

| Vulnerabilidad       | Valores de presencia humana |
|----------------------|-----------------------------|
| Vulnerabilidad media | Edificación dispersa        |
| Vulnerabilidad alta  | Núcleos de población        |

Tabla 44. Criterios de clasificación para la obtención de la Presencia Humana

Los valores se han agrupado para obtener un mapa de la presencia humana.(Figura 68).

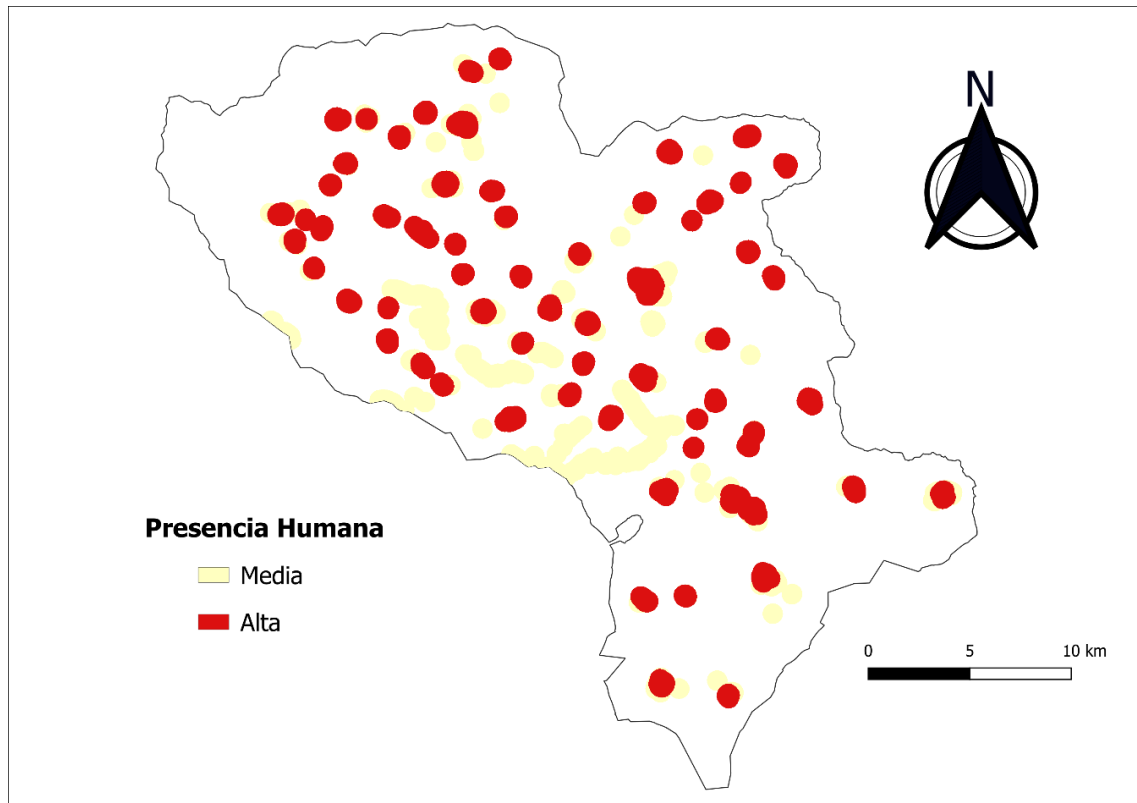


Figura 68. Mapa de presencia humana.

## 9.2.4 INTEGRACIÓN: OBTENCIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se ha obtenido integrando la eficacia de la defensa, el valor ambiental y la presencia humana. Para ellos se ha realizado una suma de todos los factores.

VULNERABILIDAD= Eficacia de la defensa + Valor ambiental + Presencia humana

Se han agrupado en 3 clases y se han clasificado según los siguientes criterios. (Tabla 45)

| Vulnerabilidad       | Criterio   |
|----------------------|------------|
| Vulnerabilidad baja  | 1,2,3,4    |
| Vulnerabilidad media | 5,6,7,8    |
| Vulnerabilidad alta  | 9,10,11,12 |

Tabla 45. Criterios de clasificación para la obtención de la Vulnerabilidad.

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de vulnerabilidad de la comarca. (Figura 69)

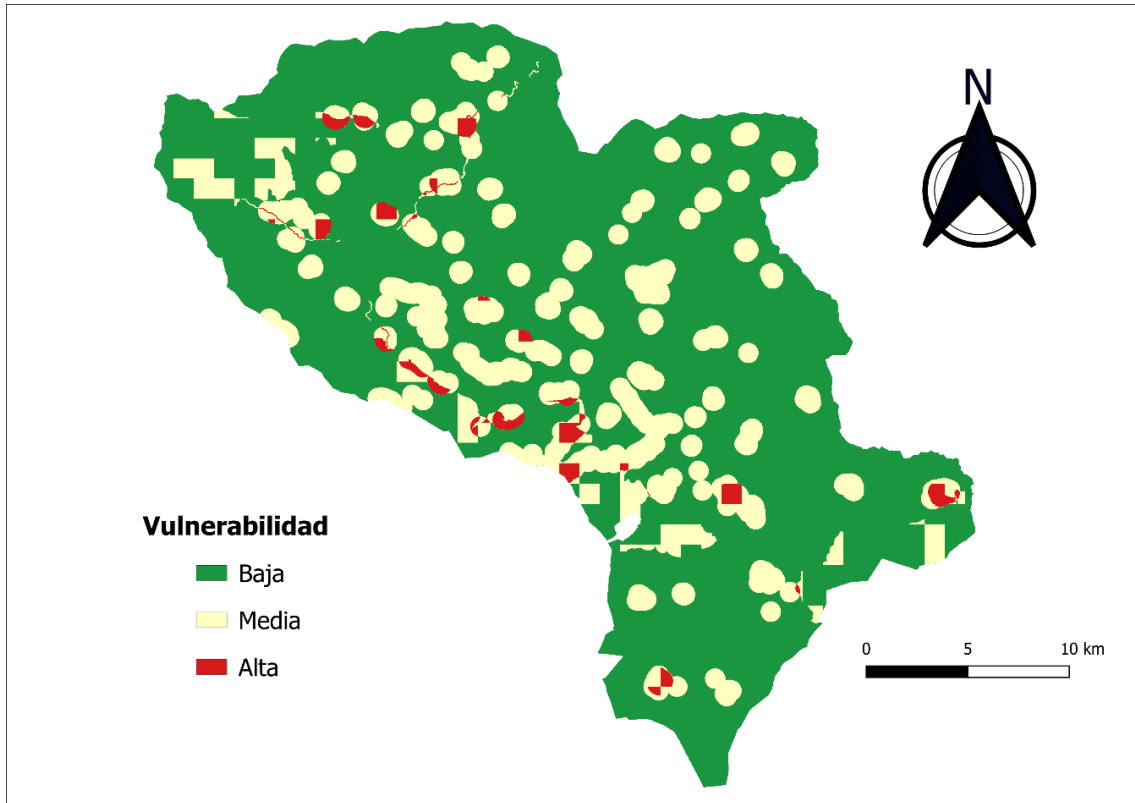


Figura 69. Mapa de vulnerabilidad.

### 9.3 INTEGRACIÓN DE PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD. GENERACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO

Para generar el índice de riesgo se ha integrado la peligrosidad y la vulnerabilidad. Se ha realizado según los siguientes criterios.. (Tabla 46).

| Riesgo | Criterio |
|--------|----------|
| Bajo   | 1,2      |
| Medio  | 3,4      |
| Alto   | 5,6      |

Tabla 46. Criterios de integración de peligrosidad y vulnerabilidad para la generación de escenarios de riesgo

En el siguiente mapa podemos ver un mapa de riesgo de la comarca. (Figura 70)

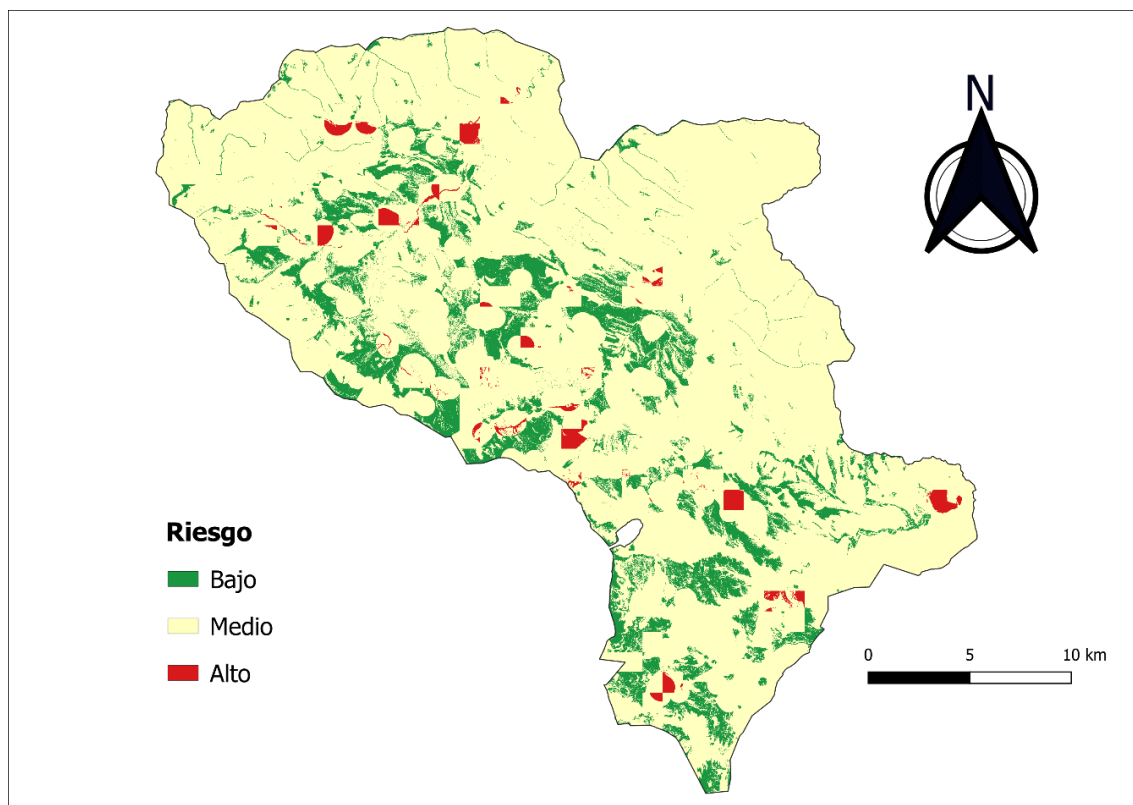


Figura 70. Mapa de riesgo.

Podemos observar que la gran parte de la superficie se encuentra en riesgo medio (54.27%) y bajo (1.7%). Y sólo el 1.7% se encuentra en riesgo alto. (Tabla 47)

| Riesgo | Superficie (ha) | Porcentaje(%) |
|--------|-----------------|---------------|
| Bajo   | 9764,8061       | 14.03         |
| Medio  | 58644,0110      | 84.27         |
| Alto   | 1098,2163       | 1.7           |

Tabla 47. Superficie y porcentaje de cada clase de riesgo.

## 9.4 ANÁLISIS DE CAUSALIDAD

En la siguiente figura podemos ver las causas de los incendios forestales en la comarca de Tierras Altas. (Figura 71)

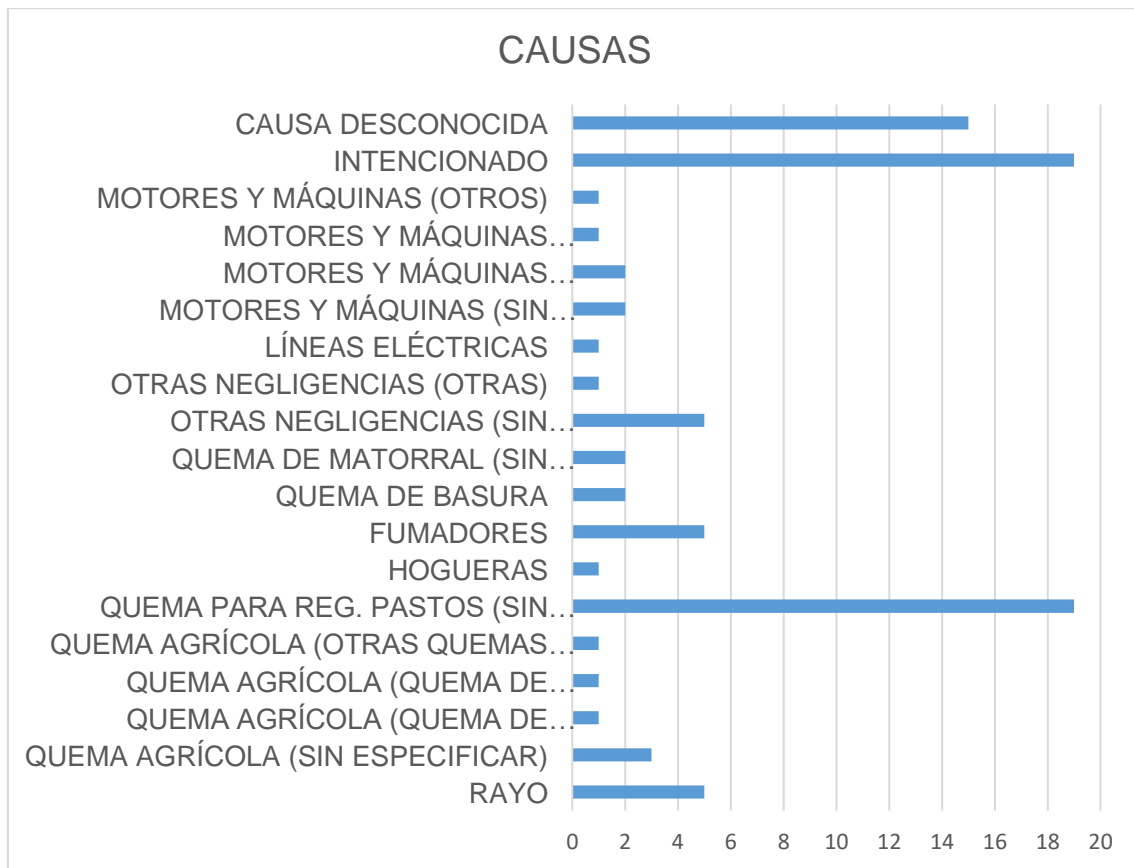


Figura 71. Causas de los incendios forestales de la comarca. Fuente: EGIF. Elaboración propia.

Dentro del grupo de las negligencias y causas accidentales se han producido un gran número de incendios debidos a quemas para régimen de pastos. Podemos ver en el siguiente gráfico que, dentro del grupo de intencionados, hay un porcentaje muy alto de casos en los que no se conseguido identificar a la persona que intencionadamente ha provocado el incendio.(Figura 72)

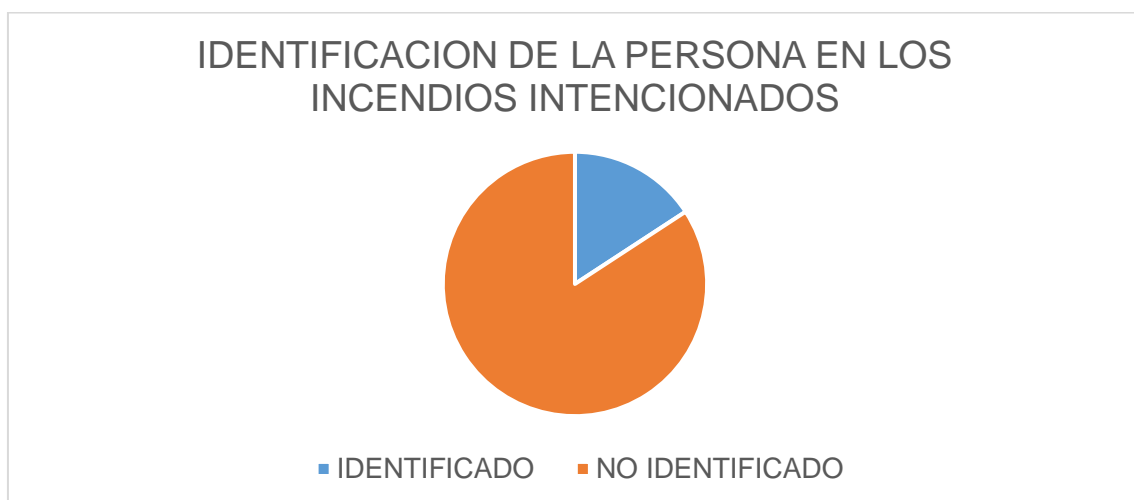


Figura 72. Identificación de la persona en los incendios intencionados. Fuente: EGIF. Elaboración propia.



## 10 ÍNDICE WUIX.

### 10.1 INTRODUCCIÓN

El índice WUIX (de Wildland-Urban Interface indeX) es un índice que mide el riesgo en zonas de interfaz urbano forestal. El índice WUIX discrimina el territorio en función de dos aspectos del paisaje que están directamente relacionados con la exposición de las edificaciones al peligro de incendio en la interfaz urbano-forestal: la continuidad de la vegetación y la fricción de esta con las viviendas. Este índice combina ambos componentes de forma multiplicativa [3].

El índice WUIX analiza la posición relativa y la relación entre objetos en el territorio (en este caso vegetación y edificios) en dos dimensiones y, dado que no se realizan cálculos del comportamiento del fuego, no se incorpora ni la topografía ni el viento. Tampoco se considera la carga y otros parámetros propios de los modelos de combustible.

El índice WUIX se ha aplicado a la comarca de Tierras Altas en Soria con el fin de conocer las zonas con mayor riesgo de interfaz urbano forestal de la zona de estudio y que se prioricen en los planes municipales de prevención de incendios y planes de Autoprotección contra Incendios Forestales.

### 10.2 METODOLOGÍA

#### 10.2.1 FACTORES INTEGRADOS EN EL ÍNDICE WUIX.

El índice WUIX tiene una representación espacial y el resultado del cálculo de este índice es un mapa que combina otros dos mapas con sus componentes fundamentales, continuidad y fricción, de forma multiplicativa. El índice WUIX se calcula empleando dos mallas regulares de distinta resolución. La primera de estas mallas, malla fina, es una malla cuyo tamaño de celda o pixel permite representar vegetación en infraestructuras del territorio con un gran nivel de definición. De forma orientativa, el lado de esta malla puede situarse entre uno y cinco metros. La segunda malla, malla gruesa, sirve para agregar datos referentes a la malla fina. El lado de la malla gruesa debe ser múltiplo del lado empleado en la malla fina. El valor del índice WUIX para un pixel de la malla gruesa se define como:

$$W = C_g \cdot F_g$$

Donde,  $W$  es el índice WUIX específico en cada celda de la malla gruesa,  $C$ : es la continuidad vegetal específica de la malla gruesa y  $F$  es la fricción específica de la malla gruesa. La continuidad vegetal nos indica si hay o no hay interrupciones en el desarrollo espacial de la vegetación. La fricción nos indica las zonas donde se ponen en contacto la vegetación y las edificaciones.

El punto de partida para el cálculo del WUIX son dos capas ráster de tipo, malla fina, en las que están cartografiadas: 1) la presencia de vegetación y 2) las viviendas e infraestructuras (Figura 73). Para cada una de las celdas de la malla fina se calculan valores de continuidad y fricción que son posteriormente agregados en la malla gruesa para obtener los valores  $C$  y  $F$  que se integran en el índice WUIX.



*Figura 73. Ejemplo de ráster de vegetación y edificaciones sobre ortofoto en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

En este trabajo, se realizaron cálculos del índice WUIX empleando una malla fina de 2 metros de resolución. Con el fin de analizar cuál puede ser la escala más favorable para el cálculo de este índice, se hizo el cálculo de este usando mallas gruesas de 10, 20, 30, 50 y 100 metros. Llamamos N, al número de celdas de paso fino en cada lado de la celda de paso grueso. Podemos relacionar las resoluciones de las mallas fina y gruesa con la siguiente expresión.

$$R_g = R_f \cdot N$$

Donde:

Rg: Resolución de una malla de celdas de paso grueso.

Rf: Resolución de una malla de celdas de paso fino.

N: Número de celdas de paso fino en cada lado del paso grueso.

Cuando la resolución de la malla es muy alta el tiempo de cálculo es más alto y hay una saturación de información. Cuando la resolución de la malla es muy baja, no se discriminan los espacios y distancias entre puntos con vegetación y entre viviendas y vegetación. Obtendremos mallas con muy poco detalle y pueden generar interpretaciones muy alejadas de la realidad.

## 10.2.2 CÁLCULO DE CONTINUIDAD

Para una celda de la malla gruesa, cálculo del factor de continuidad, se realiza sumando la continuidad unitaria para las celdas de la malla fina. Si, llamamos N al factor que relaciona el tamaño de las mallas finas y gruesa, tenemos que el valor de C para una celda de la malla gruesa es:

$$C_g = R_f \cdot \sum_{i=1}^{N^2} c_i$$

donde,  $c_i$ , es el valor de continuidad en cada una de las celdas de la malla fina. Para cada celda de la malla fina que es vegetación, se trabaja con las celdas vecinas. Se da el valor 1 a las celdas vecinas de arriba, abajo, derecha e izquierda si tienen vegetación. Se da el valor 0.5 si las celdas de las esquinas tienen vegetación. El valor máximo para  $c_i$  es de 6. Se repite el cálculo para todas las celdas de la malla de paso fino, se suma el resultado, de todas las celdas de malla fina contenidas en una de malla gruesa y se multiplica por la resolución (Rf).

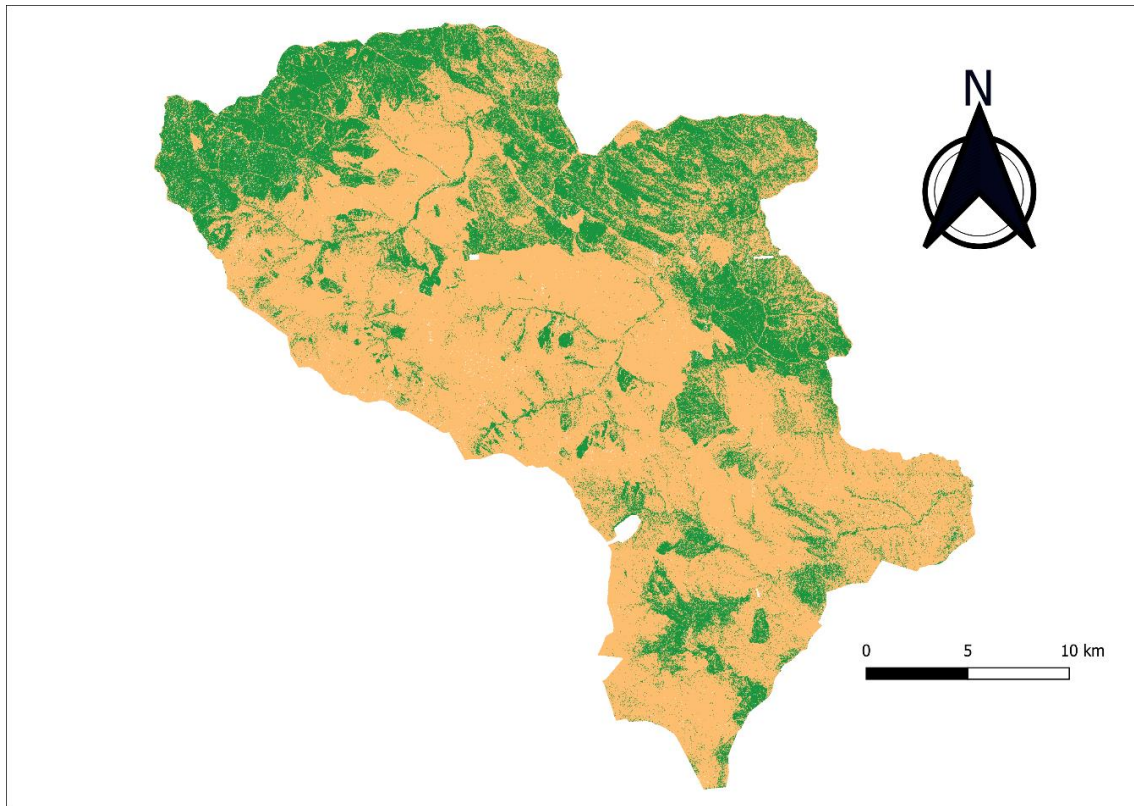
El cálculo del factor de continuidad tan sólo requiere información sobre la presencia de vegetación. En este estudio, se obtuvo esta información empleando datos LiDAR de la primera cobertura del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). (Tabla 48). Para ellos, se obtuvieron las nubes de puntos clasificadas del lote de vuelo Castilla y León noreste y Rioja cuyas características se indican en la siguiente tabla.

| ID Lote                   | CYL NE-RIO                      |
|---------------------------|---------------------------------|
| <b>Zona de vuelo</b>      | Castilla y León noreste y Rioja |
| <b>Año de tramitación</b> | 2010                            |
| <b>Fecha inicio vuelo</b> | ago-10                          |
| <b>Fecha fin vuelo</b>    | octo-10                         |
| <b>Densidad (p/m2)</b>    | 0,5                             |
| <b>RMSE xy (m)</b>        | 0,3                             |
| <b>RMSE z (m)</b>         | 0,4                             |
| <b>Sensor principal</b>   | LEICA ALS50                     |
| <b>Año color RGB</b>      | 2009-2011                       |
| <b>Año color IrRG</b>     | 2011                            |

Tabla 48. Datos del PNOA – LiDAR 1 utilizados. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.

Los datos LiDAR se procesaron de la siguiente manera. Primero se descargaron del centro de descargas del CNIG todas las teselas del bloque de vuelo que cubren el área de estudio. Posteriormente, este conjunto de teselas se superpuso con la malla fina. Para cada pixel del territorio, se clasificaron como vegetación los píxeles de malla fina (2m x 2m) que contenían puntos LiDAR de las clases 3 (vegetación baja), 4 (vegetación media) y 5 (vegetación alta) cuya altura normalizada era mayor o igual a 1 m. La normalización de las

nubes de puntos y la generación de rasters ocupados por vegetación se realizó usando el paquete lidR del entorno de cálculo estadístico R [19]. El resultado fue un ráster con la vegetación de más de 1 m de la comarca de Tierras Altas (Figura 74) que se empleó para los cálculos posteriores de continuidad y también de fricción.



*Figura 74. Vegetación de la comarca de Tierras Altas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

Una vez obtenido el mapa de vegetación se procedió a calcular los valores de continuidad de la malla fina y a agregar los resultados para las cinco mallas gruesas que se emplean en el estudio (10m, 20m, 30m, 50m y 100m). Estos cálculos se realizaron utilizando los paquetes de R terra [20] y raster. [13]. El resultado del cálculo de la continuidad para la malla de 10m se muestra en la (Figura 75). En la (Figura 76) se muestra un mapa de detalle sobre la continuidad para una malla de 10m en el municipio de Yanguas.

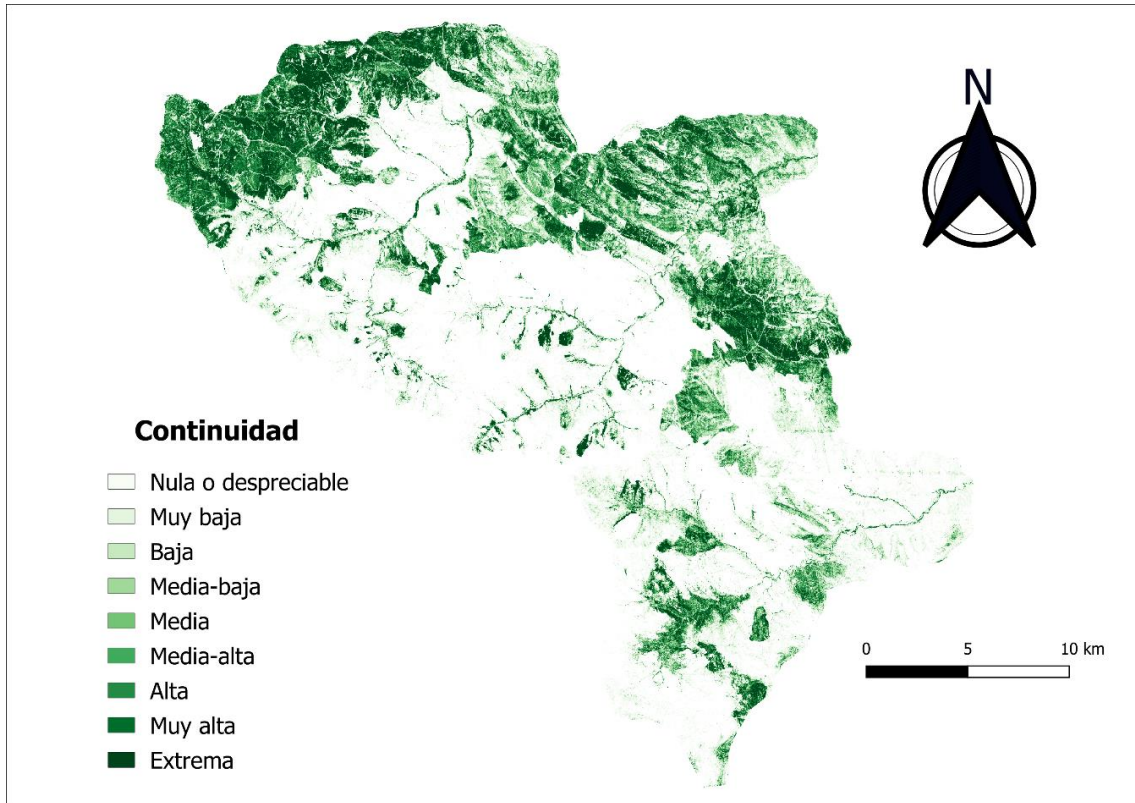


Figura 75. Continuidad de la vegetación en la comarca de Tierras Altas.

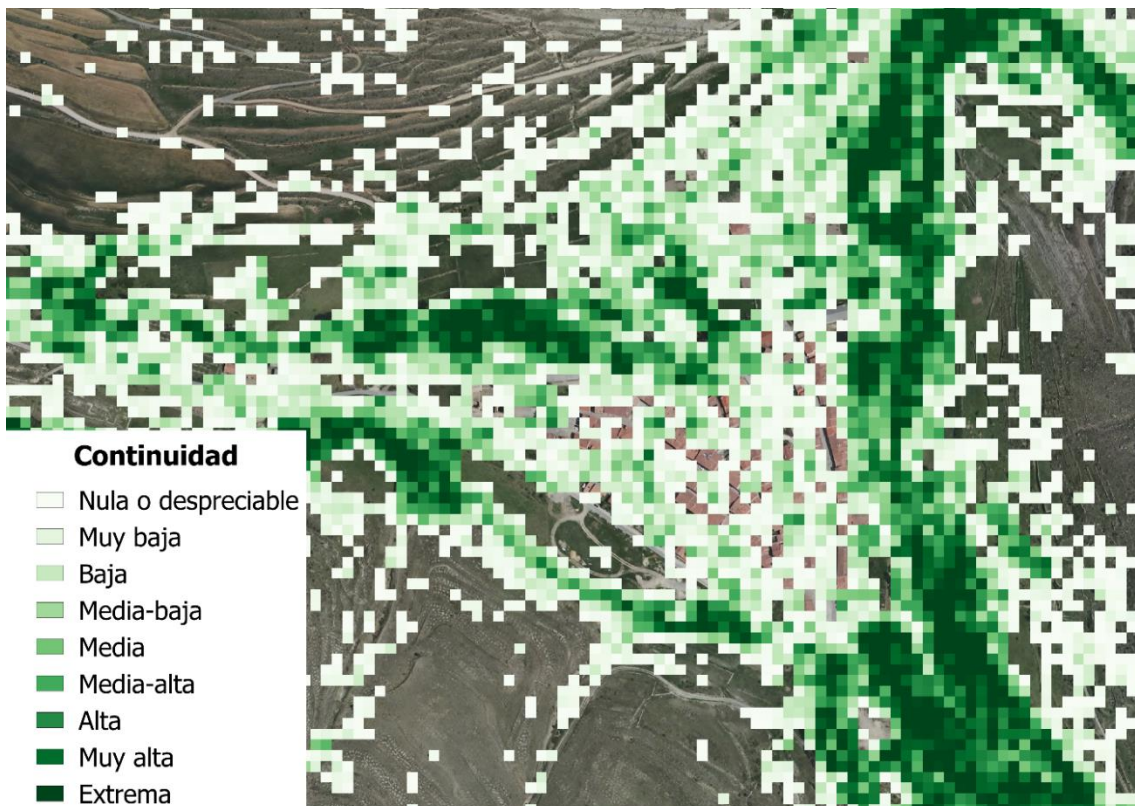


Figura 76. Continuidad de la vegetación en la población de Yanguas.

Es importante mencionar que recientemente se ha publicado la segunda cobertura del PNOA-LiDAR 2 con las siguientes características.(Tabla 49)

| Lote                      | CyL NE          |
|---------------------------|-----------------|
| <b>Año de tramitación</b> | 2019            |
| <b>Fecha inicio vuelo</b> | oct-19          |
| <b>Fecha fin vuelo</b>    | oct-21          |
| <b>Densidad (p/m2)</b>    | 4               |
| <b>RMSE xy (m)</b>        | 0,3             |
| <b>RMSE z (m)</b>         | 0,15            |
| <b>Sensor principal</b>   | RIEGL LMS-Q1560 |
| <b>Año color RGB</b>      | SIMULTANEO      |
| <b>Año color IrRG</b>     | SIMULTANEO      |

*Tabla 49. Datos del PNOA-LiDAR 2. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN).  
Elaboración propia.*

La densidad de puntos es 8 veces mayor a la del PNOA – LiDAR 1 utilizada en el proyecto. Por lo que sería interesante calcular de nuevo el índice con los nuevos datos, ya que están más actualizados y ofrecen más información por metro cuadrado.

### 10.2.3 CÁLCULO DE FRICCIÓN

Para una celda de la malla gruesa, cálculo del factor de fricción también se realiza haciendo la suma de los valores unitarios de fricción en las celdas de la malla fina. En este caso,

$$F_g = R_f \sum_{i=1}^{N^2} f_i$$

donde,  $f_i$ , es el valor de fricción en cada una de las celdas de la malla fina. Se procede de manera parecida al cálculo de la continuidad. En este caso, a partir de las celdas de la malla fina que son edificación, se da el valor 1 si las celdas vecinas de arriba, abajo, derecha e izquierda tienen vegetación. Se da el valor 0.5 si las celdas de las esquinas tienen vegetación. El algoritmo también añade 1 para cada celda edificio que está cubierta por vegetación. El resultado que obtendremos será la fricción unitaria ( $f_i$ ) y el valor máximo que podemos obtener es 7.

El cálculo de la fricción requiere combinar la cartografía de vegetación y la cartografía de viviendas. La capa de vegetación fue la capa obtenida a partir de datos LiDAR empleada en el punto anterior La capa de edificaciones se obtuvo rasterizando la cartografía vectorial de edificios del catastro. En el proceso de rasterización se aseguró que esta malla coincidiese con la del ráster de vegetación empleado para el cálculo de la continuidad. Los valores de fricción para la malla fina y para las cinco mallas gruesas sujetas a estudio también se realizó empleando funciones de los paquetes raster [13] y terra de R [20]. A continuación, podemos ver un ejemplo de la continuidad de la vegetación en la población de Yanguas para una malla de 10 m. (Figura 77)

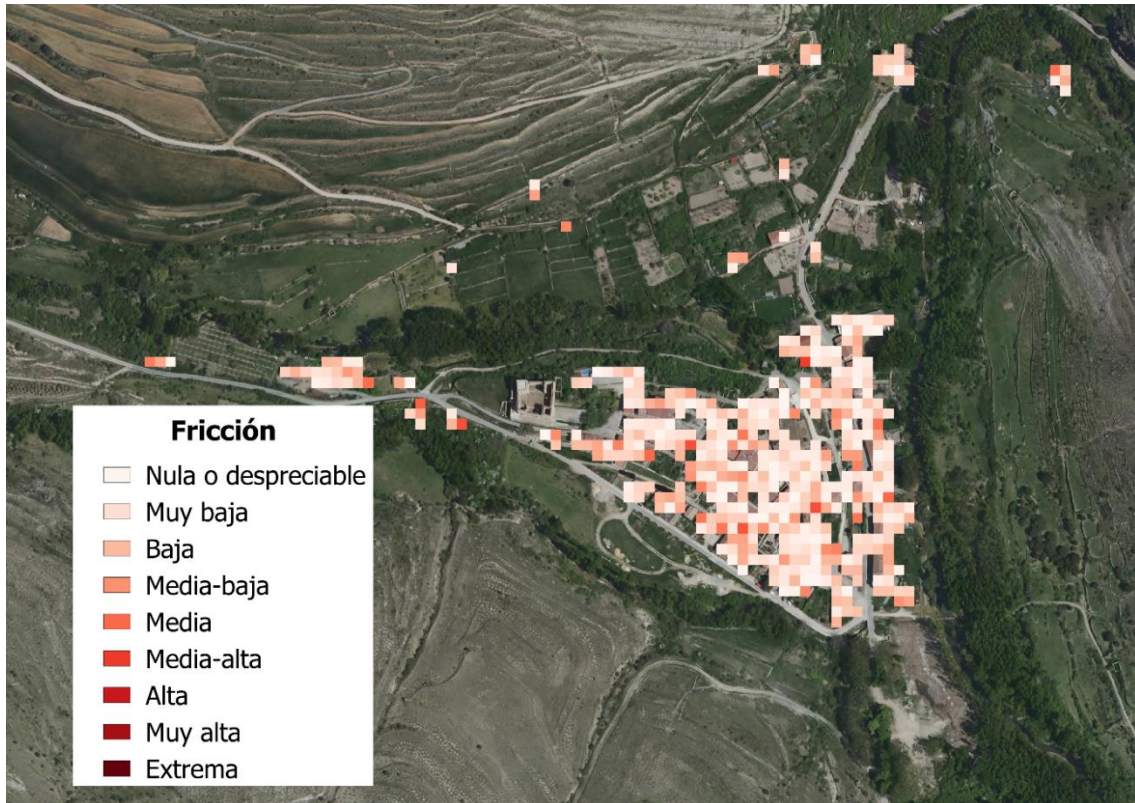


Figura 77. Fricción en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.

#### 10.2.4 CÁLCULO DE VALORES WUIX PARA VARIAS ESCALAS Y MÉTODO DE COMPARACIÓN.

Una vez obtenidos los valores de continuidad y fricción en cada una de las mallas gruesas se procedió a calcular sus valores asociados del índice WUIX multiplicando los valores de continuidad y fricción explicados en los puntos anteriores. En la figura 74 podemos ver un ejemplo de índice WUIX para distintas resoluciones en la población de Yanguas. Las resoluciones en orden son de 10 m (Figura 78), 20 m (Figura 79), 30 m (Figura 80), 50 m (Figura 81) y 100 m (Figura 82).

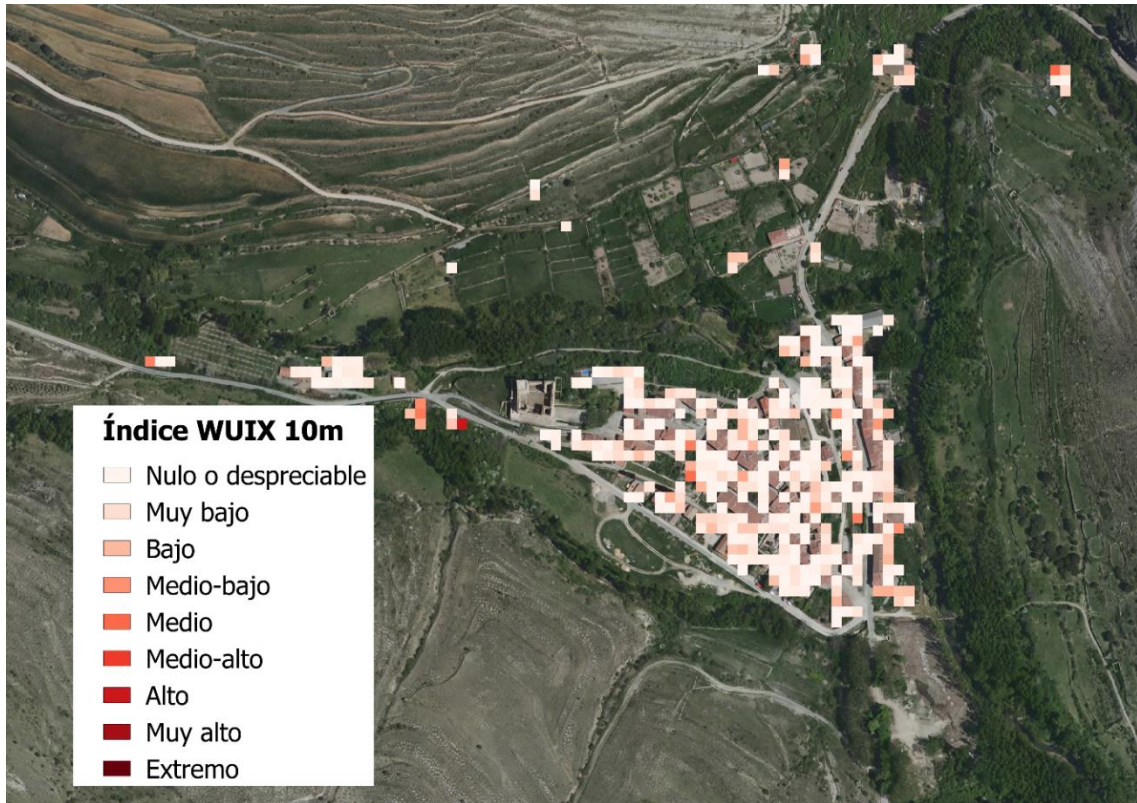


Figura 78. Ejemplo de índice WUIX para la resolución de 10m en Yanguas.

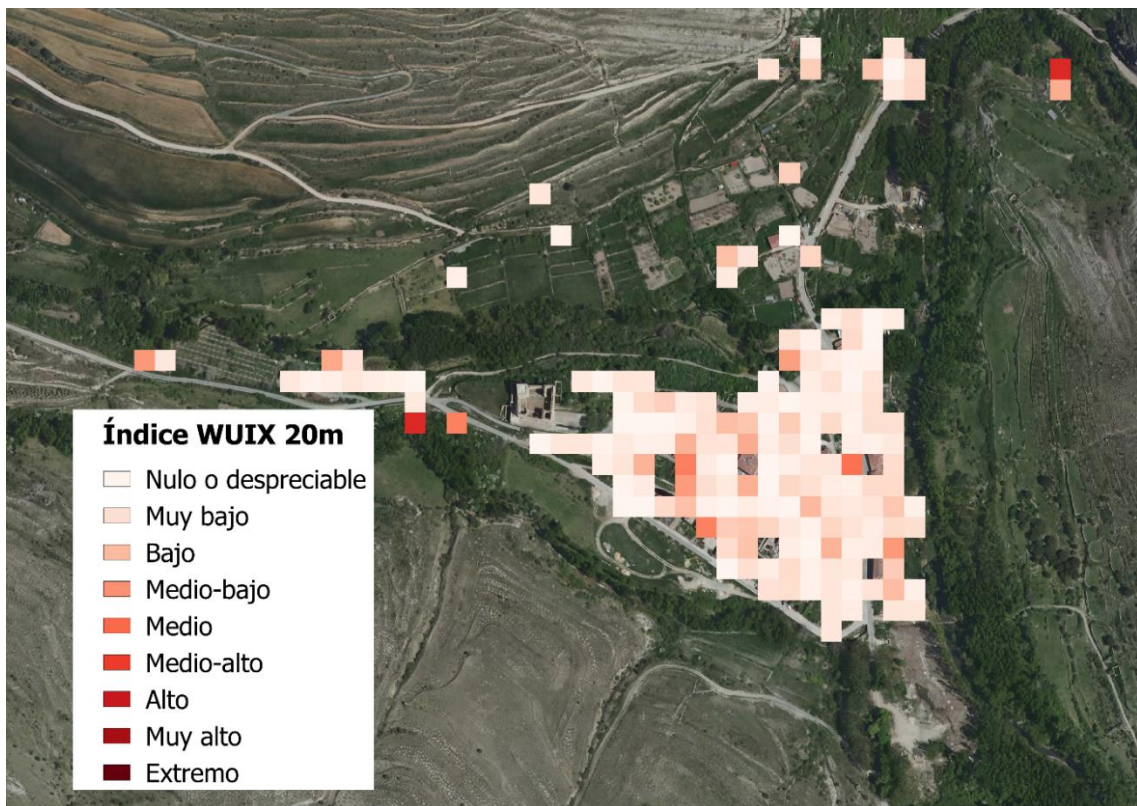


Figura 79. Ejemplo de índice WUIX para la resolución de 20m en Yanguas.



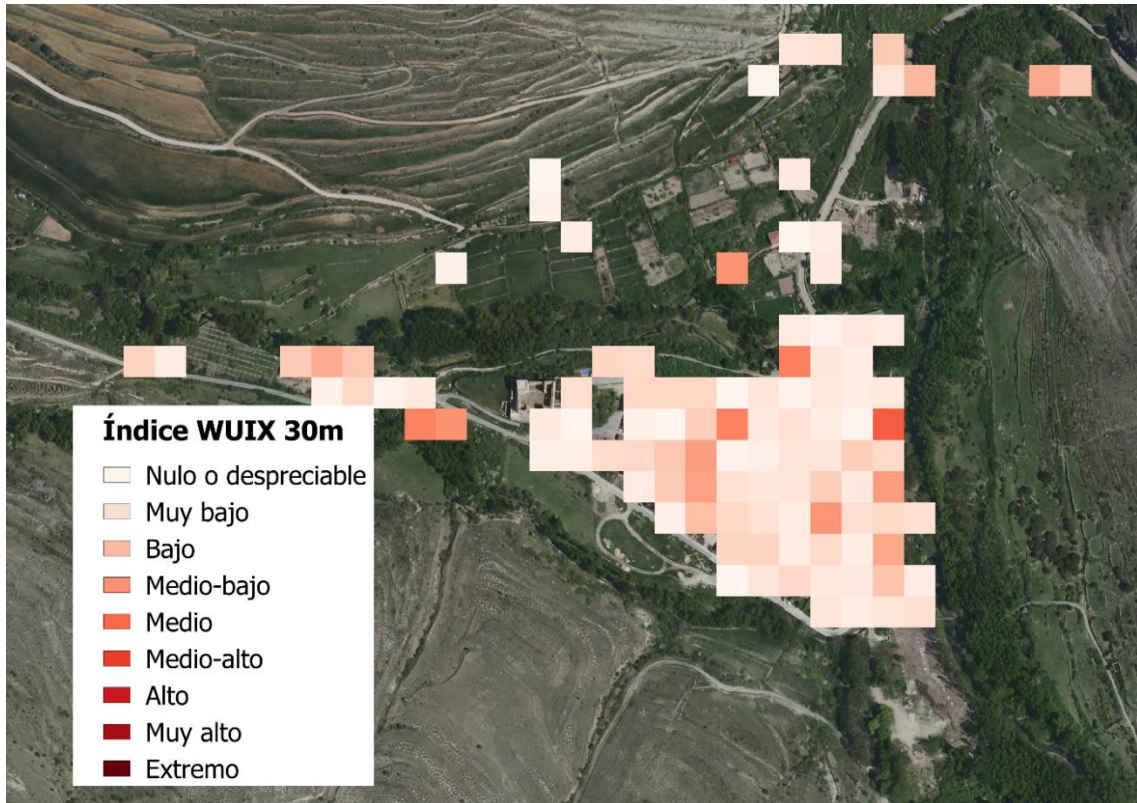


Figura 80. Ejemplo de índice WUIX para la resolución de 30m en Yanguas.

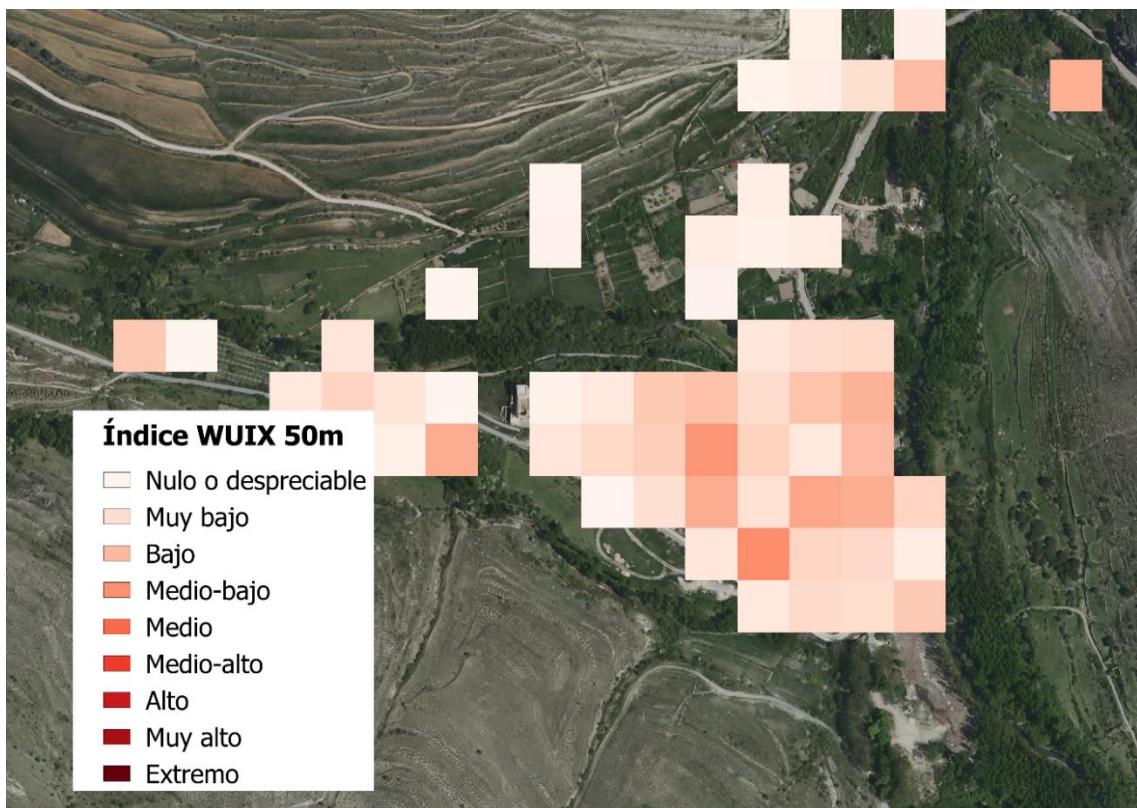


Figura 81. Ejemplo de índice WUIX para la resolución de 50m en Yanguas.

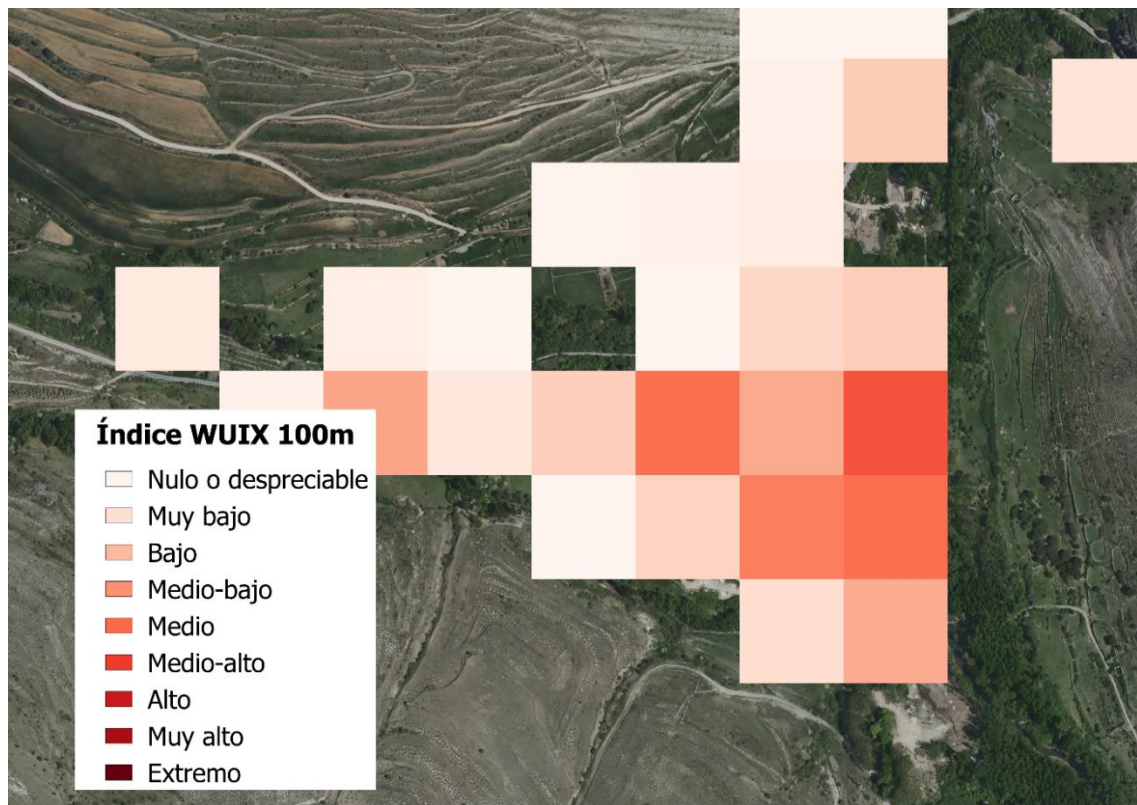


Figura 82. Ejemplo de índice WUIX para la resolución de 100m en Yanguas.

Una vez calculados los valores del índice WUIX para cada una de las cinco mallas gruesas sujetas a estudio, se procedió a definir un método que permitiese detectar zonas con alto peligro, posibles errores en el índice WUIX y comparar resultados de distintas escalas.

El primer paso de este método consistió en seleccionar el 5% de los píxeles de cada término municipal con los valores más altos del índice WUIX para cada una de las mallas gruesas consideradas. Esta selección permite reducir el terreno que hay que inspeccionar para validar los resultados del WUIX. El valor del 5% se seleccionó ya que permitía inspeccionar una superficie importante del término municipal, mayor de la superficie donde se espera realizar actuaciones. Este punto de corte es arbitrario y podría ajustarse y particularizarse para cada uno de los términos municipales.

A continuación, podemos ver un ejemplo del índice WUIX, después de aplicar el percentil 95 a diferentes resoluciones (10m,20m,30m,50m y 100m) en la población de Yanguas.(Figura 83)

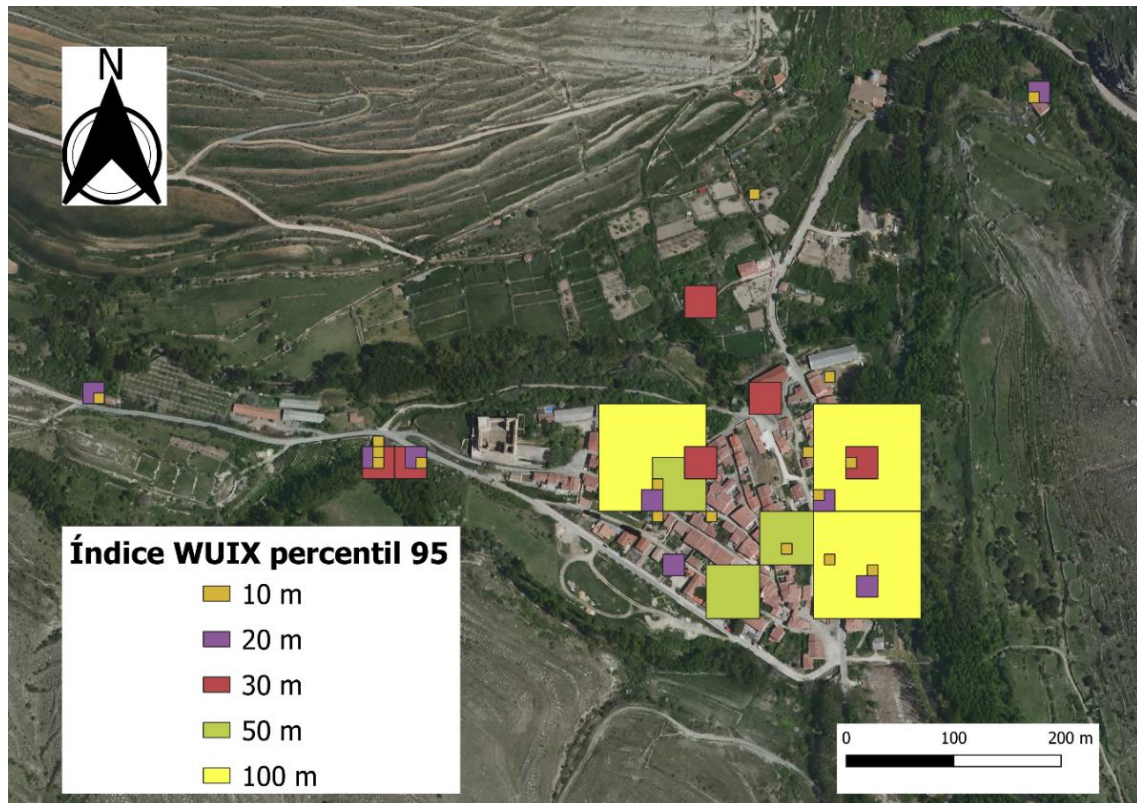
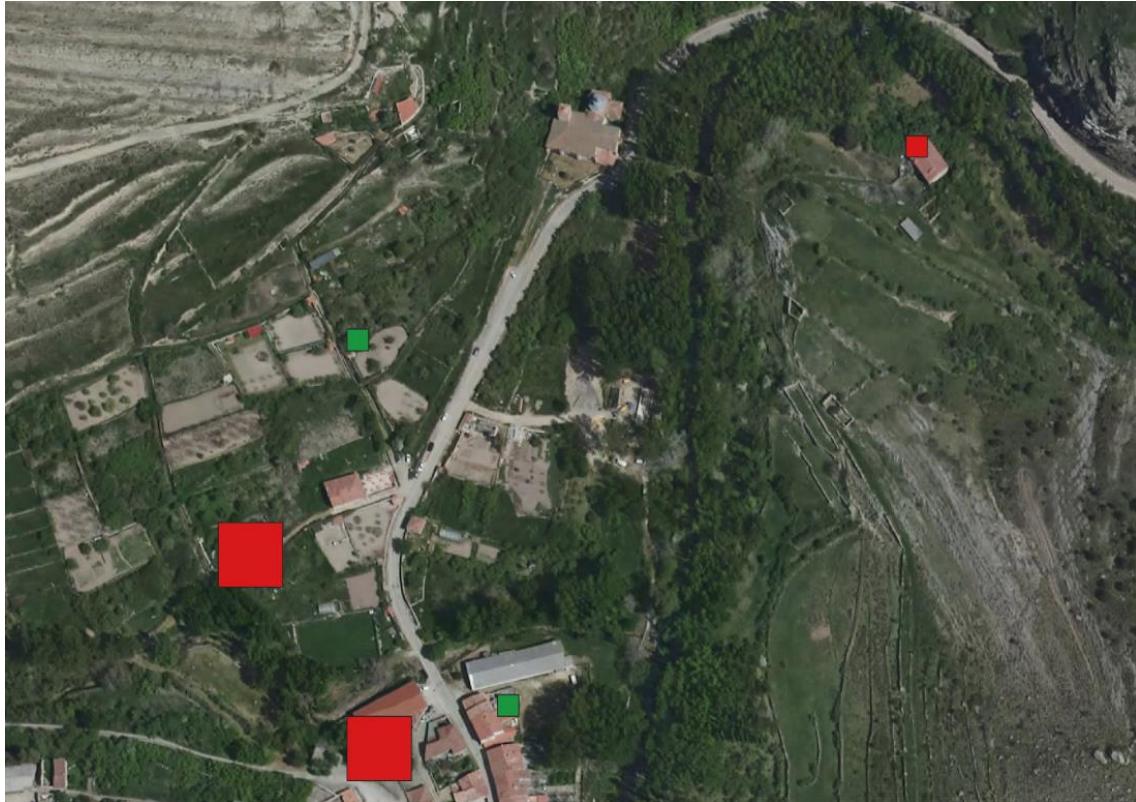


Figura 83. Ejemplo índice WUIX percentil 95 a diferentes resoluciones en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.

Una vez seleccionadas estas localizaciones, se procedió a realizar una inspección visual sobre ortofoto. Este sencillo procedimiento, podría replicarse en otras comarcas con el fin de identificar zonas de alto peligro en el interfaz urbano forestal. En la (Figura 84) podemos ver en rojo las zonas donde se ha confirmado mediante inspección sobre ortofoto que coinciden los valores altos del WUIX con zonas de alto riesgo de interfaz urbano forestal y en verde las zonas las zonas que no se ha confirmado, ya que no coinciden.



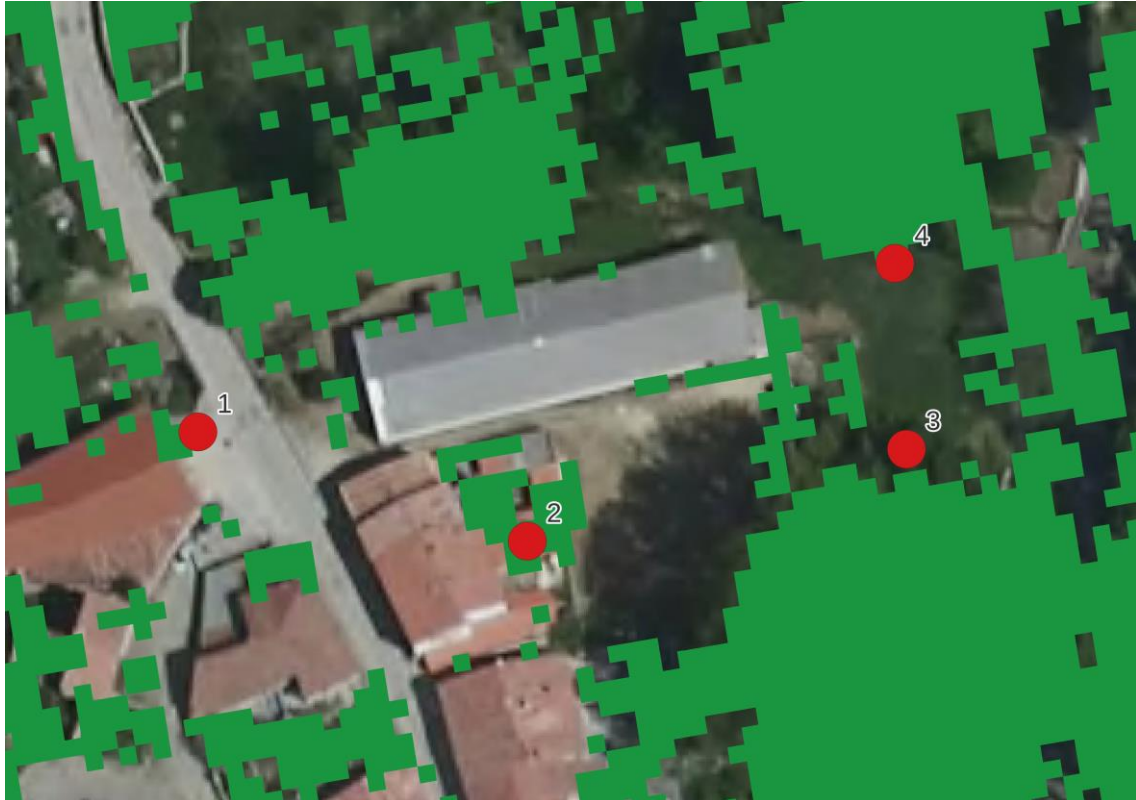
*Figura 84. Ejemplo de inspección visual del índice WUIX en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

### 10.3 RESULTADOS

La inspección visual de las zonas seleccionadas ha permitido identificar fallos en el cálculo del índice WUIX que ocurren por causas diferentes. Estas causas están frecuentemente relacionadas con la calidad de la clasificación de las nubes de puntos LIDAR y es esperable que a medida que avance la tecnología estas clasificaciones mejoren, permitiendo un cálculo del índice WUIX más realista.

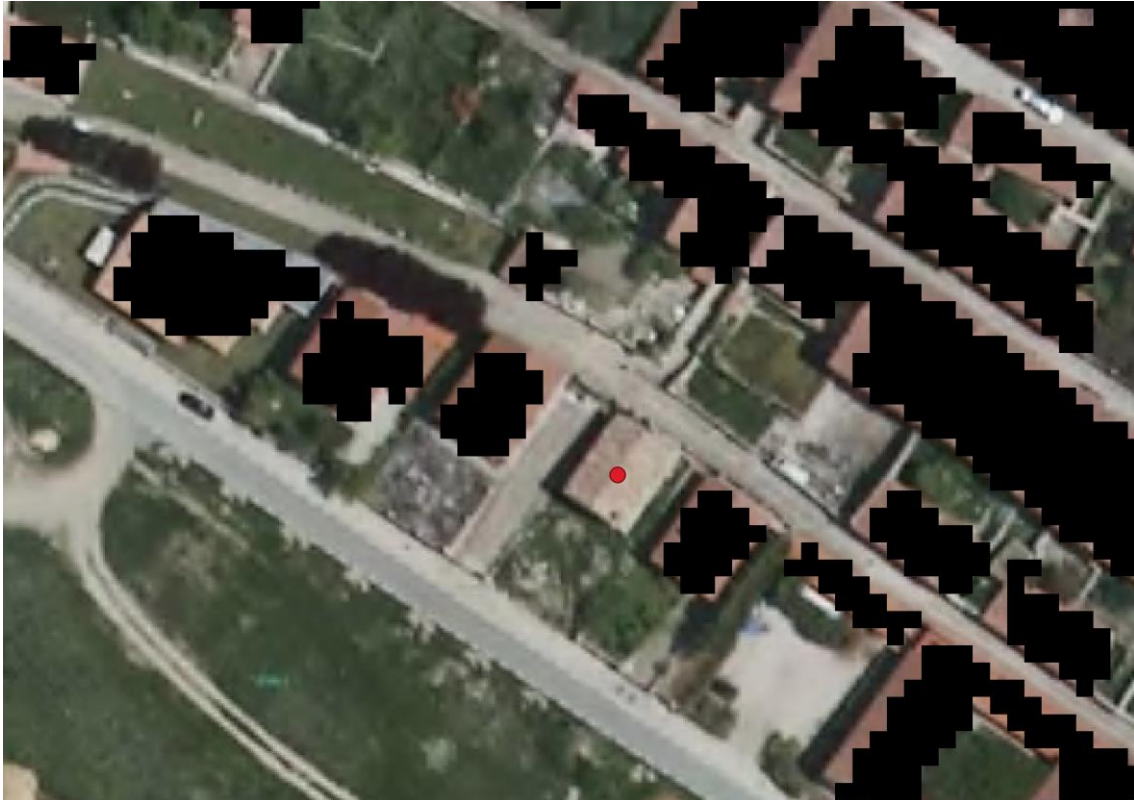
Los principales fallos en las clasificaciones de nubes de puntos observadas en zonas de interfaz urbano forestal pueden verse en la (Figura 85) y son:

- Hay edificios o coches clasificados como vegetación. (Puntos 1 y 2)
- Vegetación de escaso tamaño que no se tiene en cuenta. (Punto 3)
- Ausencia de vegetación de más de un metro que no se ha clasificado como tal. (Punto 4)



*Figura 85. Ejemplo de fallos en la nube de puntos de vegetación en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

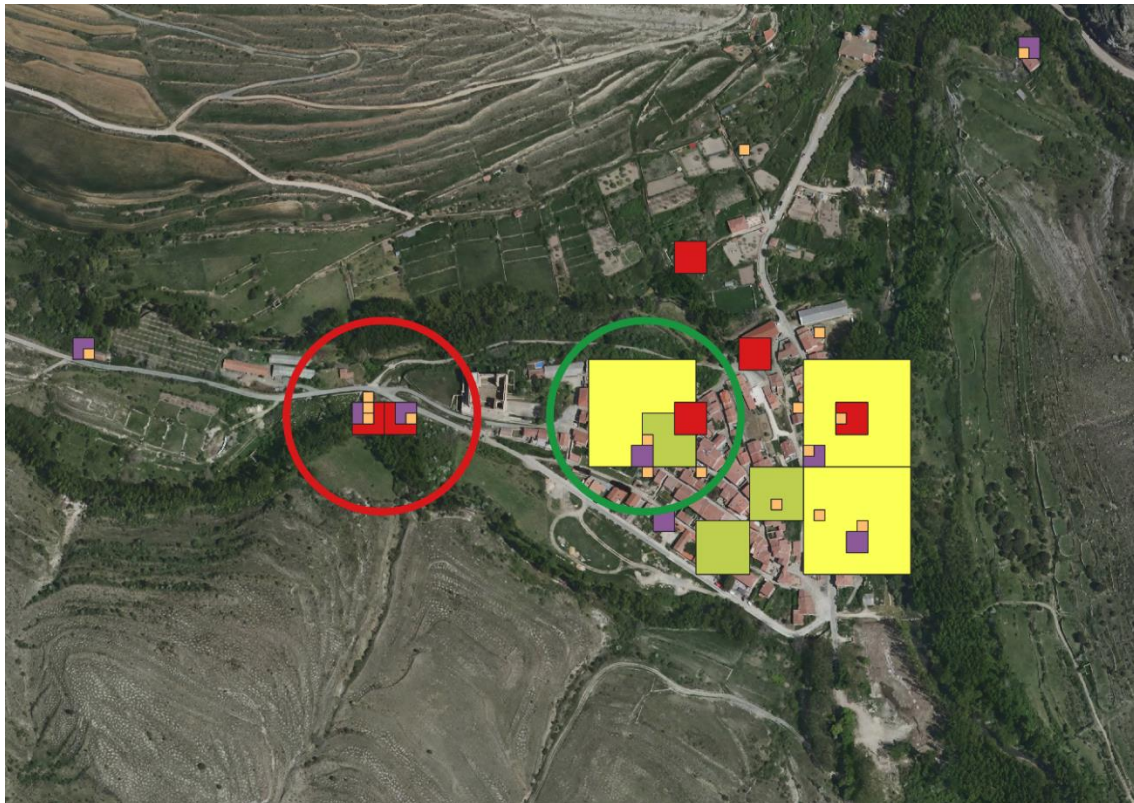
También se ha encontrado fallos en la capa de edificaciones del catastro ya que hay edificaciones que han sido omitidas en esta cartografía. (Figura 86). En cualquier caso, este problema es relativamente menos importante pues el porcentaje de omisiones es muy pequeño.



*Figura 86. Ejemplo de fallos en la nube de puntos del catastro en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

Vamos a ver un ejemplo de zonas donde falla o acierta el índice a diferentes resoluciones.(Figura 87)

Elegir una escala de trabajo adecuada para aplicar el índice WUIX es importante. Los resultados obtenidos a distintas resoluciones no tienen por qué coincidir. Se han detectado contradicciones entre las diferentes resoluciones. Por ejemplo, en la Figura 87 , en rojo se muestran zonas que no son identificadas como zonas de alto riesgo para resoluciones bajas (100 m y 50 m) y en verde zonas donde todas las resoluciones dan valores altos. Es importante observar que la zona marcada en rojo presenta un pequeño conjunto de edificaciones aisladas sobre una zona de unos 25m aproximadamente. Alrededor no hay más edificaciones por lo que para mallas gruesas grandes, el WUIX proporciona valores bajos y no es capaz de detectar este tipo de situación que claramente es de peligro. Basados en la inspección visual para varias escalas, valores de malla gruesa de 10m, presentan el mejor compromiso entre generar una información más sintética y analizable y el proporcionar valores de gran detalle espacial pero que son muy sensibles a pequeños errores en los inputs y son más difíciles de integrar en procesos de planificación.



*Figura 87. Ejemplo de aciertos (círculo verde) y fallos (círculo rojo) en diferentes resoluciones en la población de Yanguas. Fuente Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.*

El índice WUIX es sin duda una herramienta útil ya que ayuda a una primera identificación de las zonas de interfaz urbano-forestal con alto riesgo de incendio en zonas muy grandes. La identificación no es perfecta por lo que posteriormente es necesario comprobar tanto visualmente en ortofoto como en campo los valores obtenidos. No obstante, la utilización de mallas cuadradas tiene limitaciones y efectos que hay que tener en cuenta. Además, el concepto de fricción no recoge el efecto a distancia de la radiación y la vegetación solo considera presencia/ausencia y no cantidad o carga de combustible. Para mejorar los fallos que se han encontrado, se propone utilizar el PNOA-LiDAR 2, ya que tiene una mayor densidad de puntos y utilizar una malla gruesa con una resolución de 10 m.

Aunque los resultados obtenidos en este proyecto pueden ser mejorados, también permiten la identificación efectiva de áreas donde sería conveniente realizar tratamientos para reducir la exposición de viviendas y edificios a incendios forestales. Por tanto, las capas de índice WUIX generadas en se enviarán a los municipios con el fin de que los puedan utilizar en la elaboración de los Planes de emergencia de ámbito local y los Planes de autoprotección ante incendios forestales y los posteriores proyectos de ejecución.





# 11 SIMULACIÓN CON FLAMMAP

## 11.1 INTRODUCCIÓN

La planificación de actividades para reducir la exposición a los incendios forestales requiere de información sobre la probabilidad de quema, así como sobre la dinámica de posibles incendios que afecten en el futuro a la zona sobre la que se realiza la planificación. [14]. Los simuladores de incendios forestales permiten obtener dicha información y son utilizados con frecuencia como herramientas que permitan guiar la prevención de incendios forestales y la gestión de riesgos.

En este apartado se ha empleado el sistema de simulación de incendios FlamMap [15] para obtener simulaciones para la comarca de Tierras Altas que han permitido obtener mapas de probabilidad de quema, así como mapas de intensidad de fuego, velocidad de propagación y actividad de fuego de copas.

Para realizar esta simulación se han empleado datos LiDAR del PNOA1 para obtener mapas de pendientes y orientaciones necesarios para simular incendios. Por otro lado, los datos LIDAR se han combinado con datos del inventario forestal nacional IFN para refinar, en zonas de bosques, la cartografía de combustibles recogida en el mapa forestal de España y obtener mapas de combustibles de copas. Finalmente, se han recopilado los registros meteorológicos de las estaciones más cercanas, con el fin de obtener valores tipo de condiciones meteorológicas adversas para la propagación de incendios forestales. Los resultados cartográficos de estos pasos previos se han integrado en un archivo de paisaje que se ha empleado para realizar simulaciones de propagación de incendios en la comarca, empleando para dichas simulaciones las condiciones climáticas tipo obtenidas del análisis de datos meteorológicos.

## 11.2 FLAMMAP

FlamMap [15] es una aplicación de análisis de incendios que puede simular las características potenciales del comportamiento del fuego (tasa de propagación, longitud de la llama, intensidad de la línea de fuego, etc.), crecimiento y propagación del fuego y probabilidades de quema condicional en condiciones ambientales constantes (clima y humedad del combustible). También puede calcular el crecimiento y el comportamiento de los incendios forestales durante períodos de tiempo más largos en condiciones heterogéneas de terreno, combustibles, humedad de los combustibles y clima).

FlamMap incorpora los siguientes modelos de comportamiento del fuego:

- El modelo de propagación del fuego en superficie de Rothermel (1972).
- El modelo de iniciación del fuego de corona de Van Wagner (1977).
- El modelo de propagación del fuego de coronas de Rothermel (1991).
- El modelo de localización de Albin (1979).
- Método de cálculo del fuego de copa de Finney (1998) o Scott y Reinhardt (2001).

- Modelo de humedad del combustible muerto de Nelson (2000). Esto permite acondicionar los combustibles muertos en cada píxel según la pendiente, el sombreado, la elevación, el aspecto y el clima.

El sistema de análisis y mapeo de incendios FlamMap incluye FARSITE (Finney 1998, 2004) y FlamMap BASIC (Finney 2006), tiempo mínimo de viaje (MTT, Finney 2002, 2006), modelo de optimización del tratamiento (Finney 2001, 2006, 2007) y quema condicional. Probabilidad (Finney 2005, 2006). FlamMap también incorpora un módulo que permite generar vectores de viento sobre la malla de análisis y para ello utiliza WindNinja dentro de la aplicación.

El software FlamMap crea una variedad de mapas vectoriales y rasterizados de características potenciales del comportamiento del fuego. Estos mapas ráster se pueden ver en FlamMap o exportar para su uso en formatos operables por cualquier SIG o como imágenes.

## **11.3 SIMULACIONES REALIZADAS**

En este trabajo desarrollaron dos tipos de simulación diferente empleando una resolución espacial de 30m en ambos.

### **11.3.1 SIMULACIONES FB**

El primer tipo de simulación realizada fue una simulación de tipo Fire Behaviour (FB). En estas simulaciones se obtienen descriptores del comportamiento del fuego para todos los puntos de una comarca. Se supone que cada uno de los puntos de la comarca ha entrado en combustión, y a partir de las características del punto (combustibles, topografía, etc.), y de unas condiciones meteorológicas consideradas, se obtienen valores de parámetros como la intensidad lineal de fuego o la actividad de fuegos de copas. Las simulaciones tipo FB, asumen que cada uno de los píxeles va a arder y por tanto proporcionan una información parcial sobre los incendios en una determinada zona de estudio ya que omiten factores importantes como los patrones espaciales de igniciones. Aun así, las simulaciones tipo FB son altamente útiles pues permite obtener un mapa sobre las características del fuego que son esperables si un incendio existente acaba cubriendo una determinada zona.

### **11.3.2 SIMULACIONES MTT**

El segundo tipo de simulación consiste en generar un elevado número de incendios (equivalente a 1000 años tipos) y dejar a cada uno de estos incendios evolucionar en el espacio hasta extinguirse. Estas simulaciones se realizan empleando el modo MTT (Minimum Travel Time Tab) de FlamMap.

MTT es un modelo bidimensional de crecimiento de incendios que permite simular el avance del fuego desde su inicio hasta su extinción. MTT calcula el crecimiento de incendios a estableciendo trayectorias con tiempos mínimos de propagación. Las condiciones climáticas y de humedad del combustible se mantienen constantes a lo largo del tiempo con MTT, por tanto, es necesario que se establezcan unas condiciones meteorológicas y duración tipo, que emulen a las observadas en la temporada de incendios

de la zona de estudio. Las condiciones meteorológicas duración tipo de los incendios se establecen a partir de registros históricos en la zona. Una vez se establecen estas condiciones deben simularse tantas igniciones como cabría esperar en la zona de estudio en un periodo de 1000 años (si meteorología y condiciones de combustibles se mantuviesen constantes). Las igniciones, además, han de generarse de forma que se respeten los patrones de distribución espacial observados en el área a estudiar.

Una vez generado un patrón de igniciones para un periodo de 1000 años, se permite a cada una de las igniciones crecer y extinguirse empleando los métodos de propagación implementados en MTT. Para cada ignición se obtiene un perímetro de incendio y posteriormente todos estos perímetros se superponen y se cuenta cuantas veces ha sido cubierto cada pixel del territorio por un incendio. La probabilidad de quema se calcula dividiendo por este número por 1000 (número de años simulados). Esta probabilidad, representa el número de veces que se esperaría que ardiese un pixel de la zona de estudio si las condiciones meteorológicas y los combustibles se mantuviesen inalterados por un periodo de 1000 años.

## 11.4 INPUTS EMPLEADOS EN LAS SIMULACIONES EN LA COMARCAD DE TIERRAS ALTAS.

Uno de los inputs principales de FlamMap se conoce como Landscape File o archivo de paisaje. Este archivo contiene capas ráster que describen, la elevación, pendiente, orientación, modelo de combustibles de superficie, fracción de cabida cubierta, cantidad de combustible de copa, densidad de combustible de copas y altura de las copas. Los inputs necesarios sobre humedad de combustibles y condiciones meteorológicas pueden proporcionarse en forma de archivos de texto simple o ser introducidos al programa mediante su interfaz gráfica. El comportamiento del fuego se calcula para cada píxel dentro del Landscape File de forma independiente. (Figura 88)

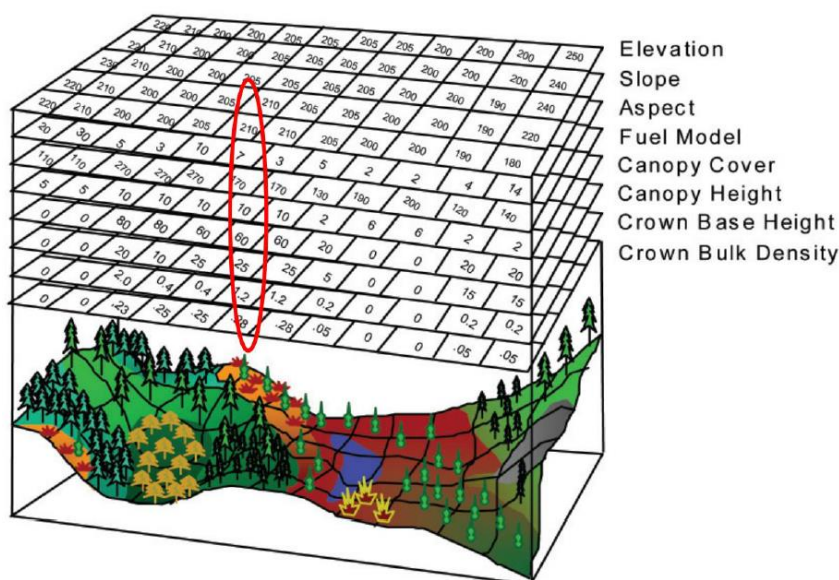


Figura 88. Cálculo del comportamiento para cada píxel del Landscape File. Fuente: FlamMap

### 11.4.1 LANDSCAPE FILE

Se preparó un archivo de tipo Landscape para la comarca. Al perímetro de la comarca se le añadió un buffer de 5km para considerar en las simulaciones incendios que pudiesen afectar a territorios de la comarca pero que se originasen fuera de su perímetro. La distancia de cinco kilómetros se estableció a partir del tamaño del incendio de mayores dimensiones para la comarca de Tierras Altas, registrado en la base de datos sobre incendios forestales (EGIF). Todas las capas del archivo Landscape se homogeneizaron para tener una resolución de 30m y datos para los puntos incluidos en la zona de la comarca más el buffer de 5 km. (Figura 89)

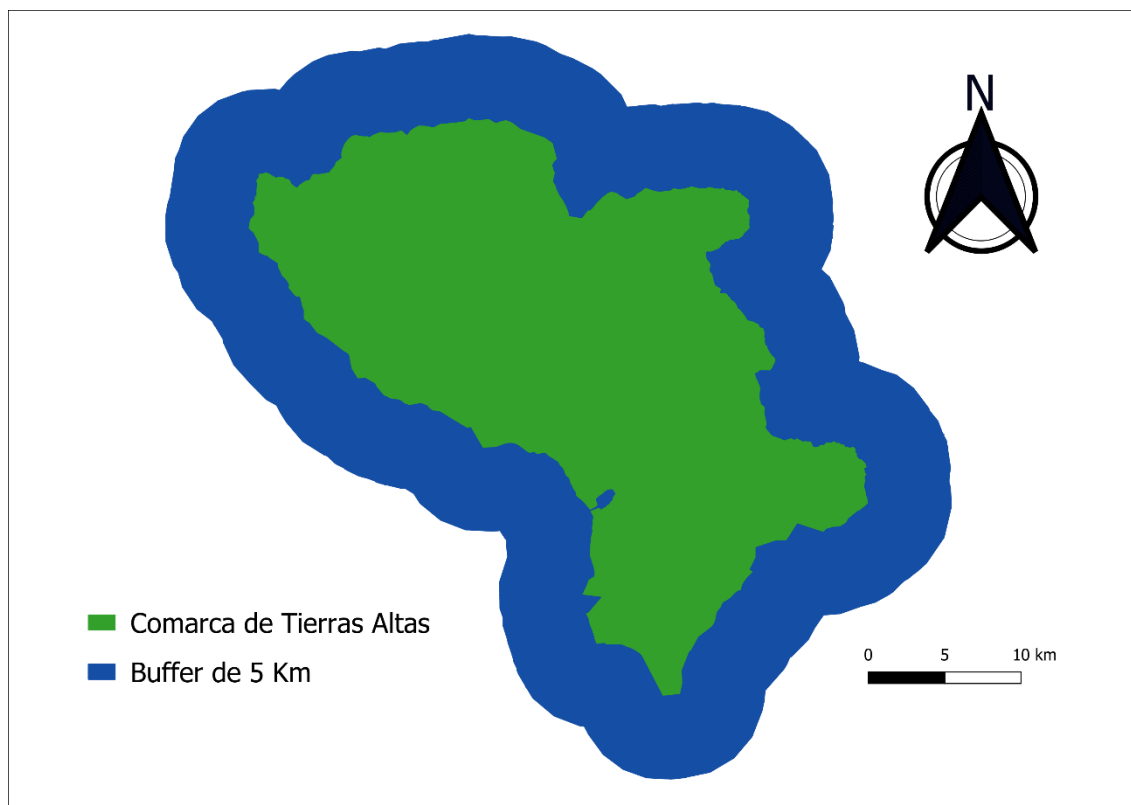


Figura 89. Buffer aplicado a la comarca de Tierras Altas. Elaboración propia.

### Elevación:

Los datos de elevación se obtuvieron a partir de las nubes de puntos clasificadas del PNOA1 (Tabla 48) y realizando con ellos una interpolación espacial a 2m de resolución. Dado que una resolución de 2m es excesiva para realizar simulaciones de incendios a escala de comarca. Los modelos de elevaciones a 2m de resolución se convirtieron a una resolución de 30m haciendo la media de los píxeles de 2m. El modelo de elevaciones resultantes es un archivo con formato \*.tif.(Figura 90).

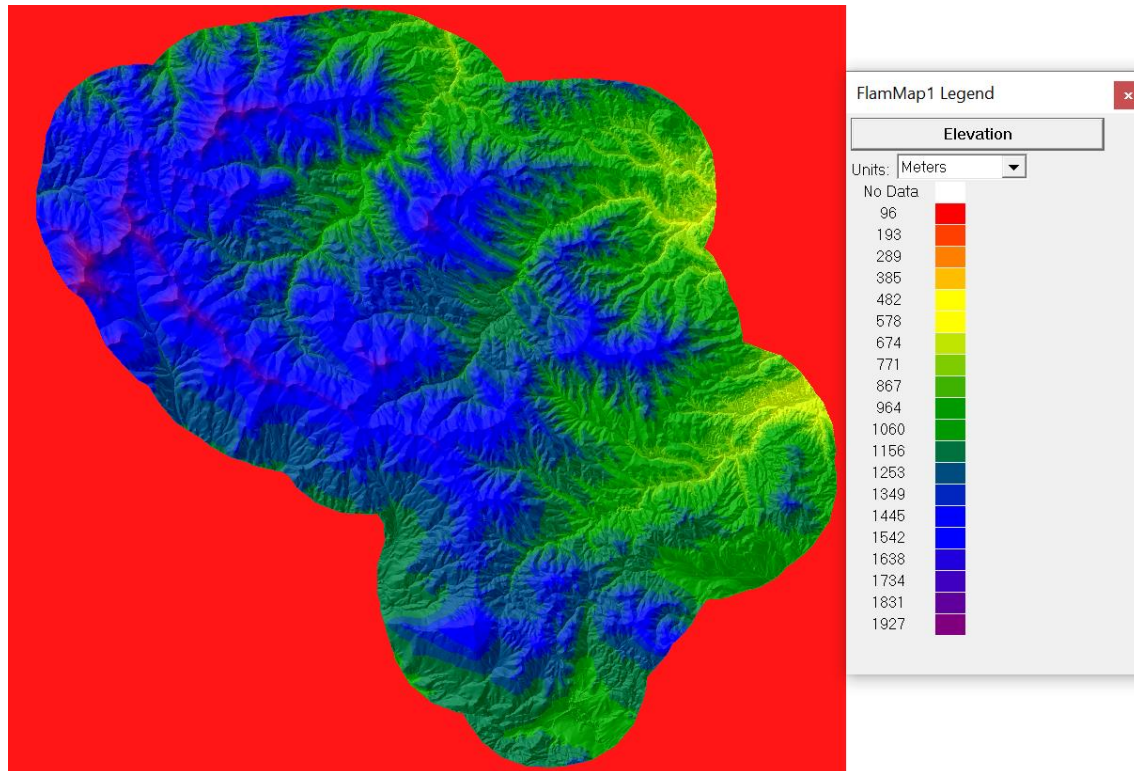


Figura 90. Elevación utilizada en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

### Pendientes:

El modelo de elevaciones a 30m de resolución, se empleó para obtener un mapa de pendientes tipo raster con una resolución de 30m que también se almacenó con formato tif. El cálculo de las pendientes se realizó empleando QGIS. (Figura 91).

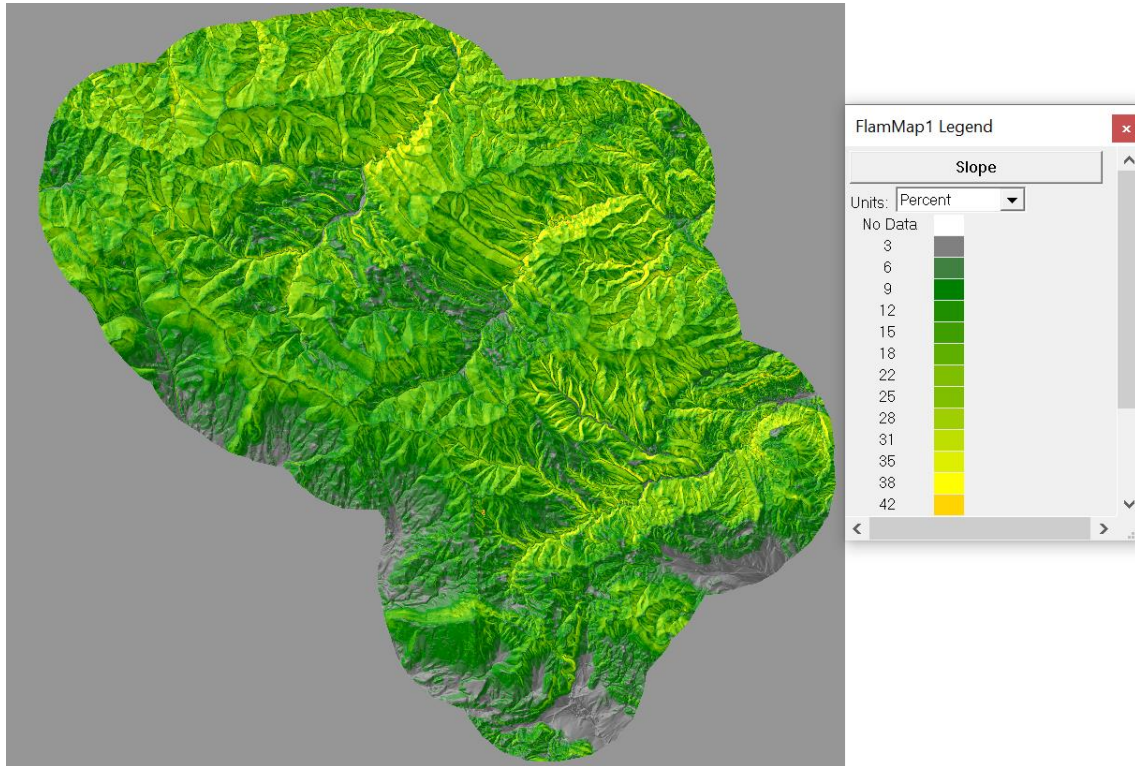


Figura 91. Pendientes utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

### Orientación:

El mapa de orientaciones de 30m de resolución también se obtuvo en QGIS empleando el modelo de elevaciones de 30m como input. El resultado, se almacenó con formato \*.tif. (Figura 92).

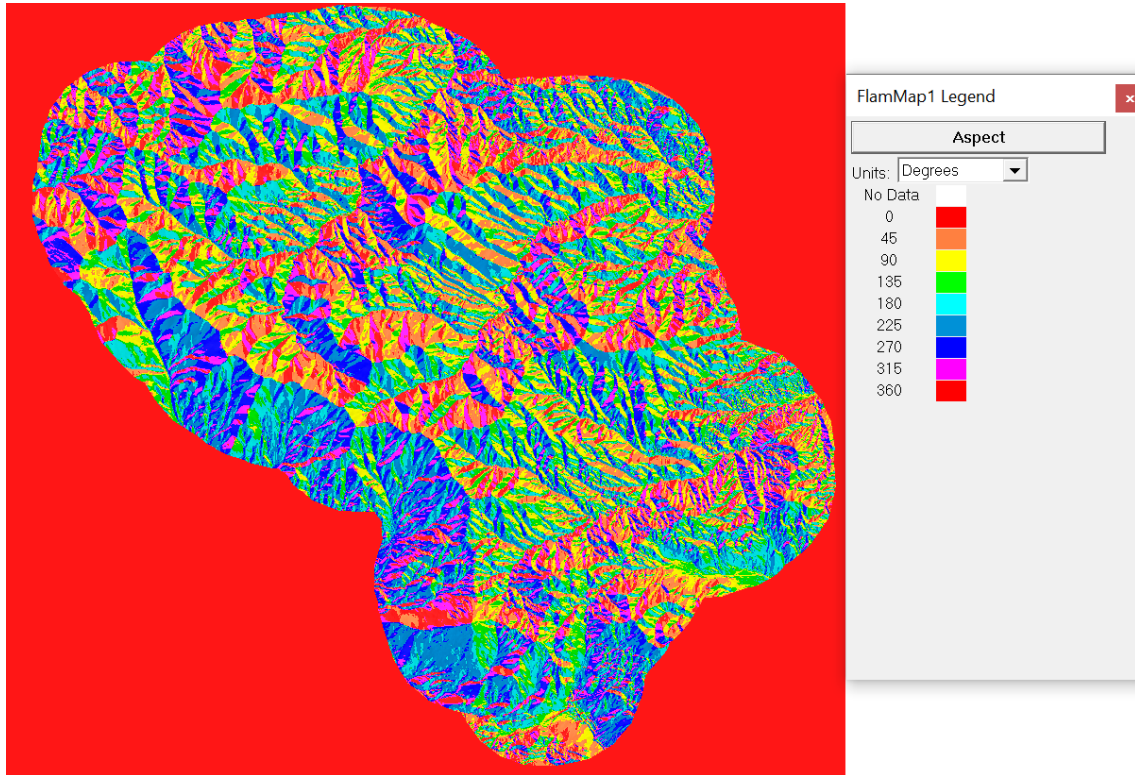


Figura 92. Orientaciones utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

### Modelo de combustible de superficies:

Para generar un mapa de combustibles de superficie con 30m de resolución se realizaron los siguientes pasos.

1. Se realizó un análisis del mapa vectorial de combustibles de superficie proporcionado en MFE. Dado que las teselas de este mapa tienen un grano muy grueso, se procedió a investigar la posibilidad de refinar el mapa forestal en las zonas identificadas como bosque dentro del MFE.
2. Para refinar la cartografía de combustibles de superficie en zonas forestales, el primer paso consistió en cruzar la capa de combustibles del mapa forestal con las parcelas del cuarto inventario forestal nacional y obtener un valor de referencia para el error de clasificación de combustibles de superficie del MFE.
3. El siguiente paso consistió en relacionar las observaciones realizadas en las parcelas del MFE con los datos LiDAR disponibles en la zona. Los datos LiDAR se normalizaron tal como se describe en el apartado (10.2.2 Cálculo de continuidad). Para cada parcela se obtuvo un conjunto de 47 métricas LiDAR que fueron usadas para entrenar un modelo de clasificación que permitiese predecir el modelo de combustible de superficie a partir de los datos LiDAR.
4. Se obtuvo la matriz de confusión y el error global de clasificación del modelo de predicción basado en datos LiDAR y se comparó con el error de clasificación obtenido para el MFE. (Figura 93 y Figura 94)

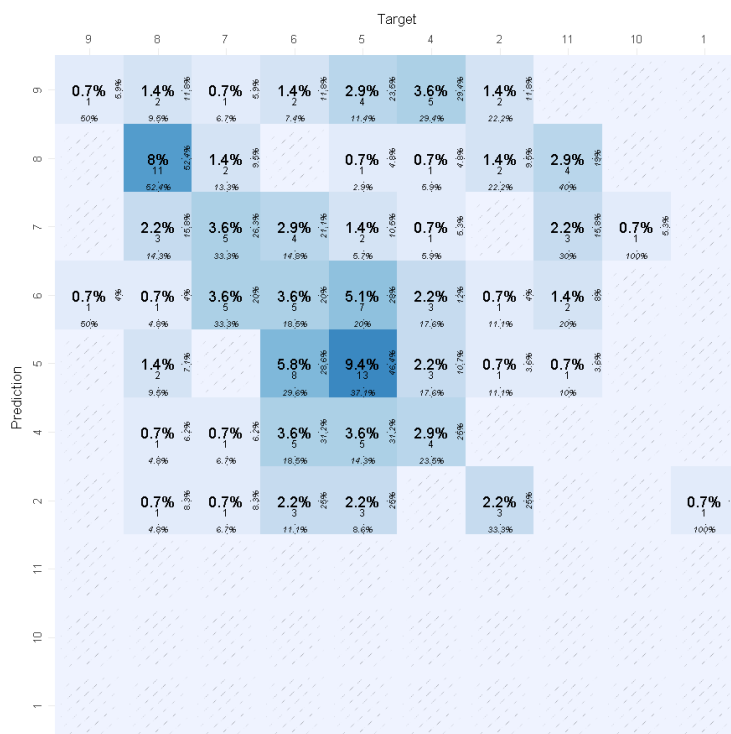


Figura 93. Matriz de confusión del modelo de predicción basado en el MFE.



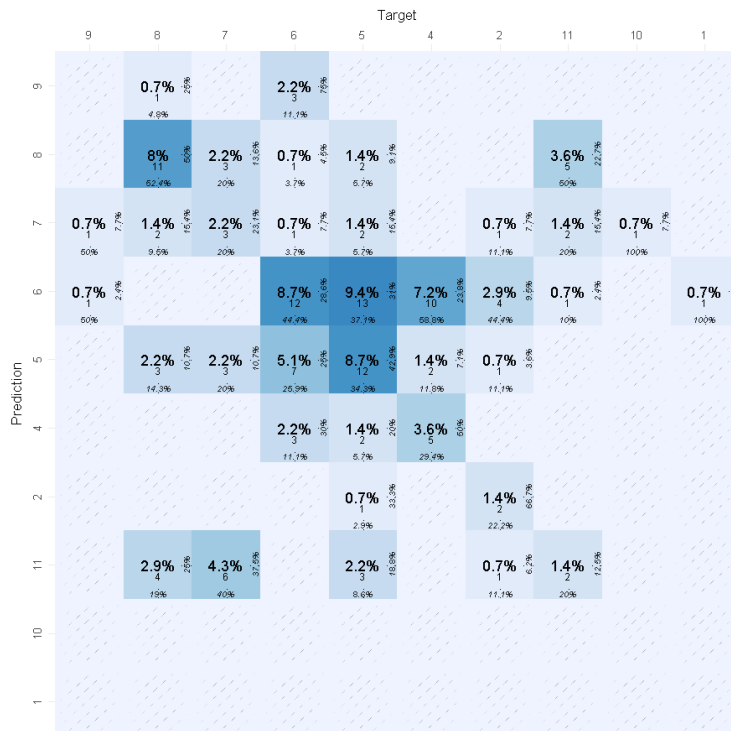
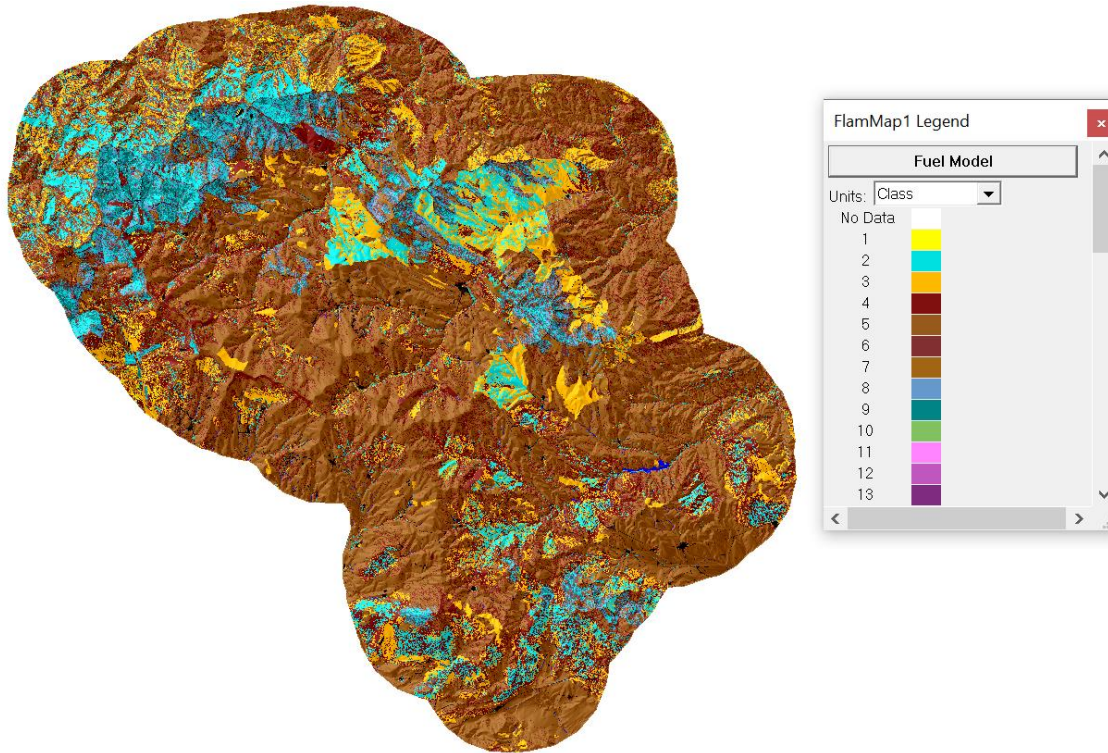


Figura 94. Matriz de confusión del modelo de predicción basado en datos LiDAR.

5. Dado que el error del modelo de clasificación LiDAR era menor que el error de la capa de combustibles del MFE, se empleó el modelo de clasificación LiDAR para generar predicciones de modelos combustibles en zonas forestales (Las zonas cubiertas por el IFN) con una resolución de 30m.
6. Finalmente, en zonas no forestales se usó el modelo de combustible proporcionado por el MFE. Estas zonas se rasterizaron empleando una resolución de 30m y se combinaron con los combustibles de la zona forestal obtenidos a partir de datos LiDAR. El resultado fue una capa continua y sin huecos de 30m de resolución con los modelos de combustible de la zona de estudio. El sistema de clasificación de modelos de combustible de superficie fue el de Rothermel [11] pues es el empleado por MFE e IFN. El archivo ráster generado tiene una malla alineada con la malla empleada para los parámetros topográficos y se almacenó con formato. tif (Figura 95).



*Figura 95. Modelos de combustible utilizados en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.*

### Fracción de cabida cubierta:

La continuidad horizontal del combustible se mide a través de la fracción de cabida cubierta. En este estudio, la fracción de cabida cubierta se obtuvo a partir de las nubes de puntos clasificadas del PNOA1. Para calcular la fracción de cabida cubierta se calculó el porcentaje de primeros retornos LiDAR con una elevación superior a 3m. Este cálculo se realizó para cada uno de los píxeles de una malla de 30m de lado y alineada con el resto de los mapas. El resultado también se almacenó como archivo .tif. (Figura 96).

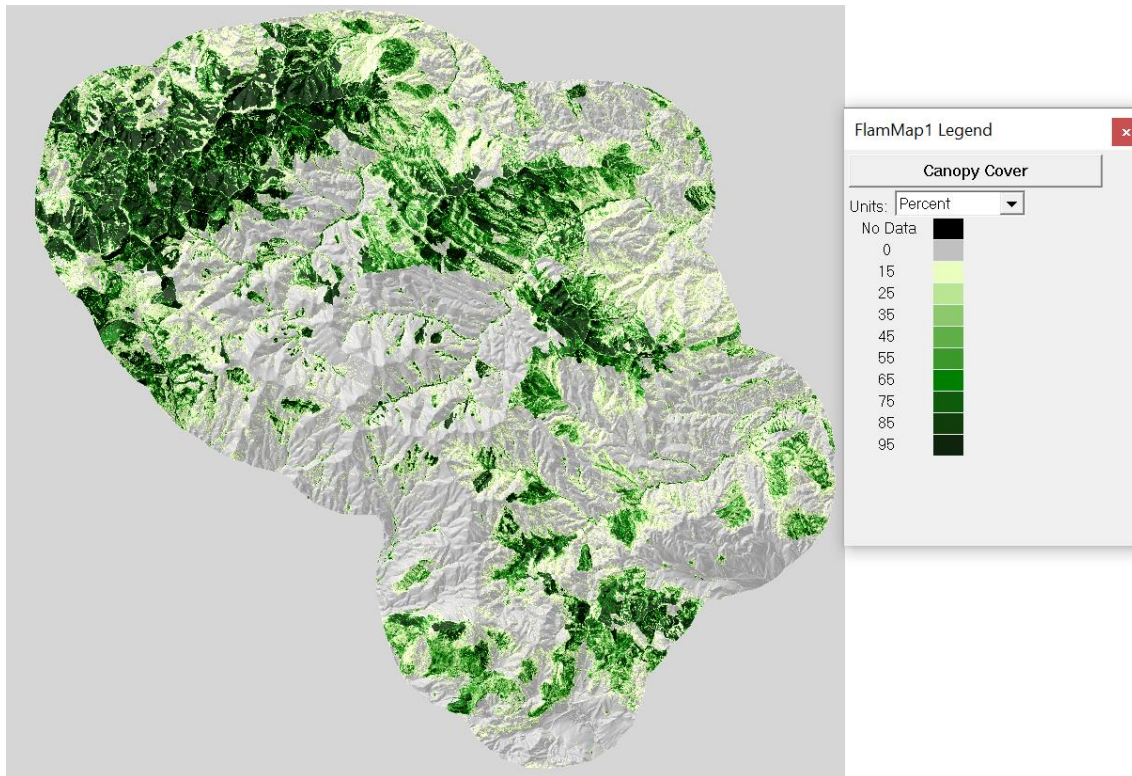


Figura 96. Fracción de cabida cubierta utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

### Combustibles de copas:

Los modelos de iniciación y avance de fuegos de copas emplean requieren de información sobre la carga de combustible de combustible en las copas, la cercanía entre las copas y el estrato de combustibles de superficie y el tamaño de las copas. Los perfiles de combustibles de copas se obtienen distribuyendo la biomasa susceptible de arder (hojas y ramas de diámetro inferior a 0.6cm) a lo largo del volumen de las copas. Normalmente se asume que las copas tienen forma cilíndrica y que inicia en la primera rama y termina en el ápice del árbol. Una vez distribuido el combustible disponible de cada árbol, la masa forestal se divide en secciones de un pie (0.38cm) de grosor y se obtiene la biomasa total en cada sección. Esta operación proporciona la cantidad de combustible disponible en función de la altura sobre el suelo o perfil de copas sin suavizar. Para eliminar fluctuaciones en el perfil sin suavizar, se realiza una media móvil con un ancho de 15 pies (cinco intervalos del perfil original). Una vez suavizados se calculan la altura de la base de las copas, densidad de combustible de copas y altura del estrato de copas como: (Figura 97 y Figura 98)

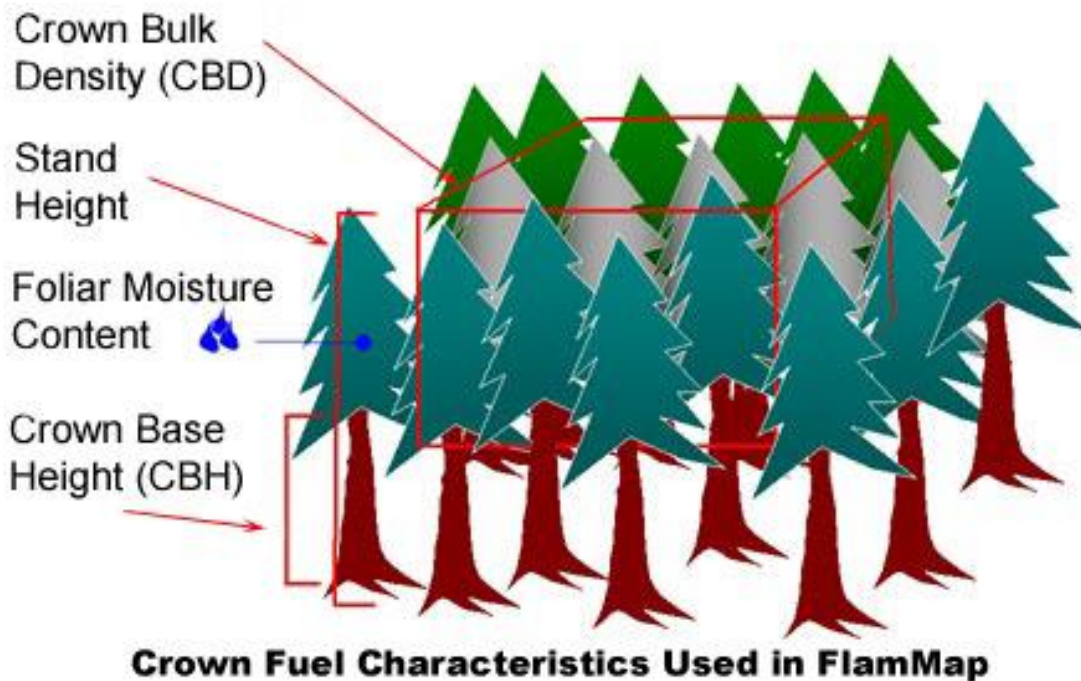


Figura 97. Características del fuego de copas usado en FlamMap. Fuente: FlamMap

**Altura de la base de las copas:** Altura para la que el perfil de copas excede por primera vez los  $0.011 \text{ Kg m}^{-3}$  de combustible disponible. Este parámetro se indica con el acrónimo CBH procedente del término en inglés Canopy Base Height.

**Densidad de combustible de copas:** Máximo valor de carga de combustible en el perfil de copas. Este parámetro se indica con el acrónimo CBD procedente del término en inglés Canopy Bulk Density.

**Altura del estrato de copas:** Altura máxima para la cual se exceden los  $0.011 \text{ Kg m}^{-3}$  de combustible susceptible de arder. Este parámetro se indica con el acrónimo CH procedente del término en inglés Canopy Height.

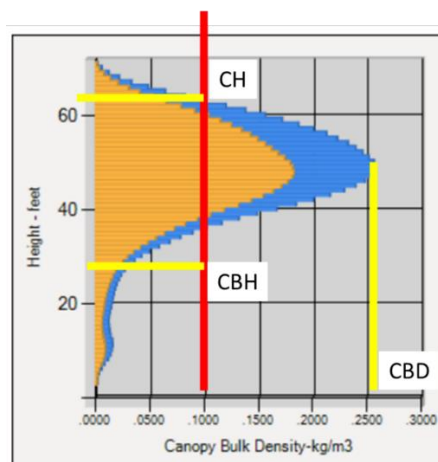


Figura 98. Gráfico de los combustibles de copas. Fuente FuelCalc.

No existe una cartografía continua de CBH, CBD y CH y tuvo que generarse desde cero. Para generar la cartografía de estas variables se emplearon métodos supervisados de regresión usando como datos de entrenamiento observaciones procedentes de la medición de parcelas del cuarto inventario forestal nacional y como información auxiliar los datos LIDAR disponibles del PNOA1. Se emplearon todas las parcelas del IFN disponibles a una distancia inferior de 20km de la zona de estudio y ubicadas en la comunidad de Castilla y León donde las coordenadas de las parcelas del IFN tiene una precisión submétrica. En total, se seleccionaron 427 parcelas del IFN.

Para desarrollar los modelos de predicción CBH, CBD y CH, fue necesario calcular la cantidad de combustible de copas susceptible de arder para cada uno de los árboles de las parcelas del IFN empleadas. El cálculo de la cantidad de combustible disponible se realizó empleando las ecuaciones de biomasa Ruiz-Peinado [21, 22]. Estas ecuaciones proporcionan la cantidad de biomasa de hojas y acículas y la cantidad de biomasa de ramas menores de 2 cm. La definición de combustible disponible empleada por FlamMap considera un umbral de 0.6 cm para las ramas menores. Por ello, fue necesario aplicar un factor de corrección a las ecuaciones de Ruiz-Peinado [21, 22]. Este factor de conversión se obtuvo mediante un criterio puramente geométrico. Asumiendo que las ramas tienen una forma que puede aproximarse por un cono con factor de forma desconocido. La ratio entre el volumen de dos conos con el mismo factor de forma no depende de este factor. Así, considerando que la cantidad de biomasa en las ramas es proporcional a su volumen, se calculó la ratio para el volumen de dos conos con el mismo factor de forma uno con un diámetro en la base de 0.6cm y otro con un diámetro en la base de 2cm. Esta ratio se aplicó a la biomasa de ramas de 2cm calculada para cada árbol en base a las ecuaciones de Ruiz Peinado y posteriormente se procedió a calcular el perfil de copas para cada una de las parcelas del IFN seleccionadas.

Para cada una de las parcelas del IFN se obtuvo una nube de puntos normalizada y dicha nube de puntos se empleó para calcular un conjunto de 47 métricas LIDAR. La normalización de las nubes de puntos y el cálculo de métricas LiDAR se realizó usando el paquete de R, lidR. [12]

Por otro lado, para cada una de las parcelas del IFN se obtuvo una nube de puntos normalizada y dicha nube de puntos se empleó para calcular un conjunto de 47 métricas LIDAR. La normalización de las nubes de puntos y el cálculo de métricas LiDAR se realizó usando el paquete de R, lidR. [12] Las métricas LIDAR y los valores de CBH, CBD y CH se unieron en una única tabla para el ajuste de modelos de predicción. Los modelos se desarrollaron para estratos definidos en base a la especie principal indicada en el MFE. En total se definieron seis estratos, cuatro de ellos monoespecíficos, un estrato adicional definido a partir de la unión de teselas dominadas por *Quercus pirenaica* y *Quercus faginea* y otro estrato definido por la unión de teselas dominadas por especies minoritarias en la zona de estudio. Los estratos definidos y tamaños de muestra asociados se indican en la .(Tabla 50)

| Estrato                             | Tamaño muestral |
|-------------------------------------|-----------------|
| Pinus sylvestris                    | 192             |
| Pinus pinaster                      | 35              |
| Fagus sylvatica                     | 23              |
| Quercus ilex                        | 60              |
| Quercus pyrenaica & Quercus faginea | 84              |
| Otras especies                      | 33              |

Tabla 50. Estratos y tamaños de muestra asociados.

Para cada estrato, la muestra de parcelas se dividió en datos de entrenamiento y datos de validación empleando una ratio 70% a 30%. Los modelos entrenados fueron modelos tipo random forest y para su ajuste se empleó el paquete randomforest de R. [18]. Los modelos ajustados se validaron con los datos de ajuste y con los datos de validación mediante el cálculo de estadísticos de bondad de ajuste estándar como el root mean square error (RMSE), o el sesgo (Tabla 51) y la construcción de diagramas de observación/predicción (Figura 99).

| Variable | Estrato                 | Test   |       | Entrenamiento |       |
|----------|-------------------------|--------|-------|---------------|-------|
|          |                         | Sesgo  | RMSE  | Sesgo         | RMSE  |
| CBH      | Pinus pinaster          | -0.63  | 3.27  | 0.19          | 4.97  |
|          | Pinus sylvestris        | 2.50   | 9.44  | 4.30          | 15.01 |
|          | Quercus ilex            | -3.52  | 1.63  | -1.34         | 7.42  |
|          | Fagus sylvatica         | -10.26 | 6.35  | 2.35          | 12.62 |
|          | Q pyrenaica & Q faginea | 1.13   | 4.95  | -1.44         | 8.60  |
|          | Otras especies          | -28.25 | 15.17 | -2.16         | 10.62 |
| CBD      | Pinus pinaster          | -0.17  | 0.15  | 0.03          | 0.23  |
|          | Pinus sylvestris        | -0.75  | 0.53  | -0.06         | 0.73  |
|          | Quercus ilex            | 0.48   | 0.17  | 0.07          | 0.33  |
|          | Fagus sylvatica         | -0.33  | 0.40  | 0.04          | 0.31  |
|          | Q pyrenaica & Q faginea | 0.34   | 0.48  | -0.06         | 0.79  |
|          | Otras especies          | -0.55  | 0.46  | 0.10          | 0.41  |
| CH       | Pinus pinaster          | 3.33   | 4.30  | 12.09         | 22.11 |
|          | Pinus sylvestris        | -8.58  | 16.00 | 0.11          | 15.90 |
|          | Quercus ilex            | -0.85  | 3.73  | -13.23        | 14.15 |
|          | Fagus sylvatica         | 5.63   | 5.38  | 6.09          | 13.44 |
|          | Q pyrenaica & Q faginea | -20.35 | 14.43 | 0.91          | 13.13 |
|          | Otras especies          | -12.25 | 13.30 | -7.52         | 15.95 |

Tabla 51. Errores cuadrático medio (RMSE) y sesgo para los modelos desarrollados por estratos y calculados para los conjuntos de datos de entrenamiento y validación.

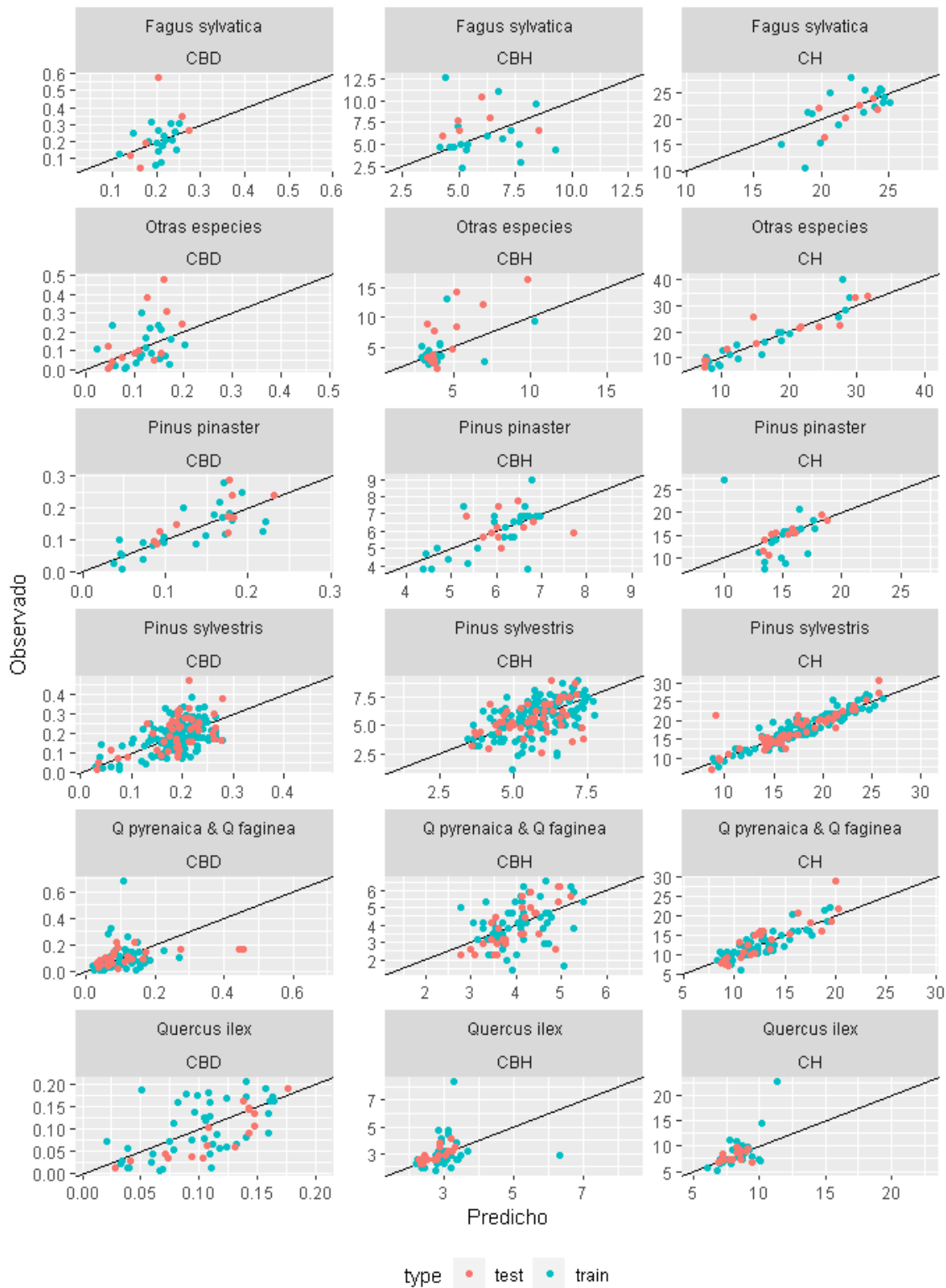


Figura 99. Diagramas de observación/predicción.

Una vez obtenidos y validados los modelos de predicción de CBH, CBD y CH se procedió a calcular las métricas LIDAR usadas por estos modelos en una malla de 30m de lado coincidente con la malla empleada para las variables topográficas y los modelos de combustibles. Para cada píxel de esta malla se calcularon las variables predictoras LIDAR

empleando el paquete lidR de R. [12]. Los modelos ajustados se aplicaron a cada una de estas mallas. El resultado fue un conjunto de tres capas continuas con valores de CBH, CBD y CH.

### Altura de la base de las copas (CBH)

La altura de la base de las copas (CBH) es un tema ráster que es importante para determinar la transición del incendio de superficie al incendio de copa. Para un solo árbol, es la altura hasta la parte inferior de la copa viva. Una altura más baja de la base de la copa facilita la ignición de los combustibles de la copa mediante el fuego de superficie y luego la transición de fuego a las copas. La altura predominante de la base de las copas son los 4 metros. El resultado se almacenó como archivo .tif. (Figura 100).

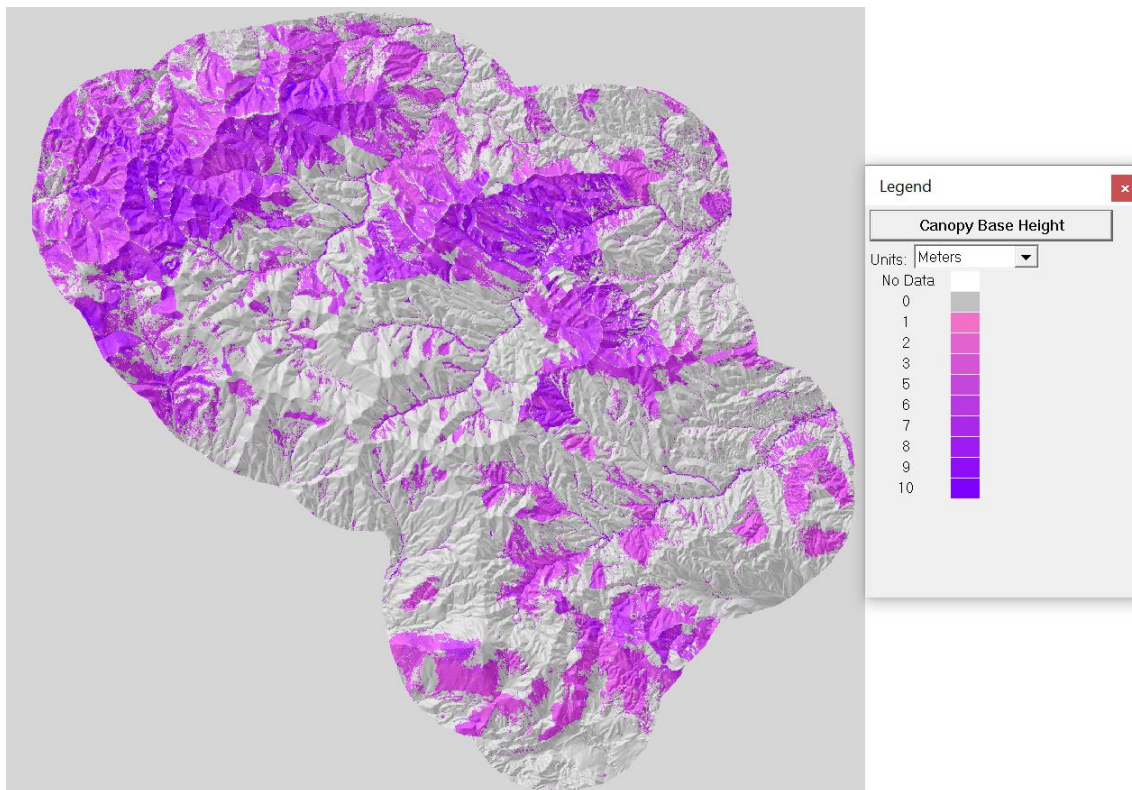


Figura 100. Altura de la base de las copas utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.



### Densidad del combustible de copas (CBD)

La densidad aparente del dosel (CBD) es un tema ráster que se necesita para determinar las características de los incendios de copas y determina su propagación. La densidad del combustible de copas se utiliza para determinar los valores umbral para el fuego de copas activo, que se propaga mucho más rápido que un incendio de superficie. La densidad del combustible de copas más frecuente es  $0.1 \text{ Kg/m}^3$ . El resultado se almacenó como archivo .tif. (Figura 101).

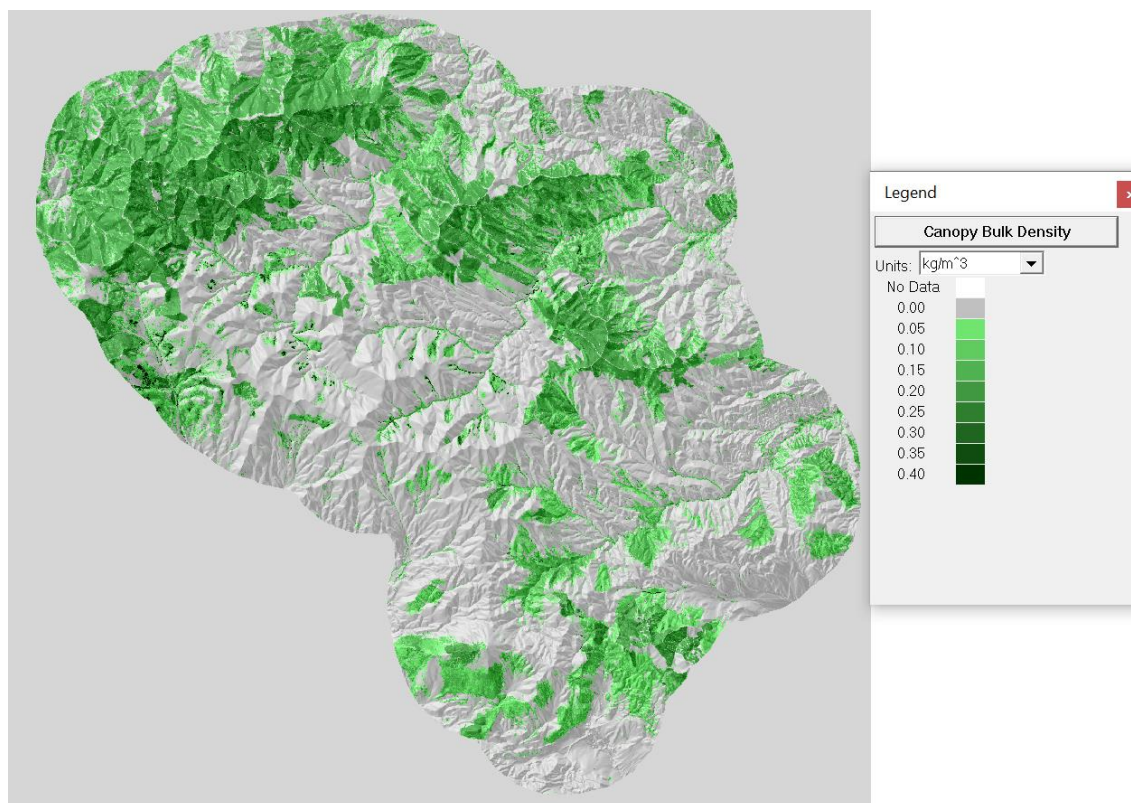


Figura 101. Densidad del combustible de copas utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

### Altura del estrato de copas (SH)

Se utiliza como nivel superior del espacio de la copa para determinar la carga de combustible de la copa y la altura inicial para levantar las pavesas. La altura media de las copas se utiliza para calcular la reducción del viento hasta la altura media de la llama y detectar distancias desde los árboles incendiados. La altura del estrato de copas dominante es 7.5 m. El resultado se almacenó como archivo .tif. (Figura 102).

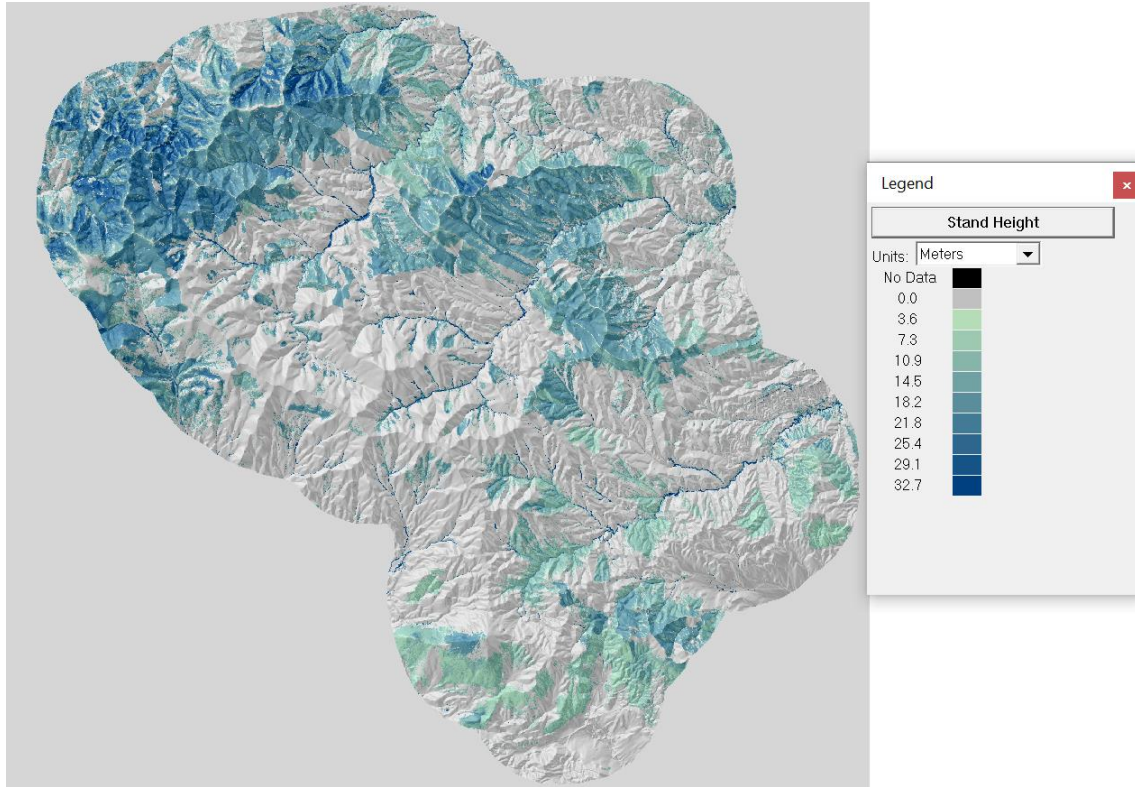


Figura 102. Altura media de las copas utilizadas en Landscape file. Fuente: Elaboración propia.

## 11.4.2 DATOS METEOROLÓGICOS

FlamMap también requiere información meteorológica sobre la velocidad y dirección del viento. La información sobre la velocidad y dirección del viento se obtuvo de las mediciones horarias de la estación meteorológica más cercana de la red inforiego de la Junta de Castilla y León. Se han utilizados los datos de la estación meteorológica de Fuentecantos de 2001 en adelante, que se han importado al programa FireFamily Plus [23] y se ha generado un input para FlamMap con la siguiente información:

- Fecha y hora
- Precipitación en mm
- Temperatura en °C
- Humedad relativa en %
- Radicación en W/m<sup>2</sup>

- Velocidad del viento en m/s y su dirección en °
- Humedad del combustible muerto.

De la base del EGIF se ha filtrado los incendios para conseguir la fecha del incendio más grande de la zona. El incendio se produjo un 15/08/2001. De ese día hemos recogido los datos meteorológicos (viento N de 5mph ) y la duración de 5h (14:45-19:45) para utilizarlos en las simulaciones.

### 11.4.3 HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE

FlamMap requiere también datos sobre la humedad del combustible vivo y muerto.

Para la humedad del combustible se ha creado un archivo de texto que contiene el porcentaje de humedad presenta en el combustible antes de iniciarse el incendio. Se ha seleccionado la humedad en combustibles de leñosas con un valor de 78% y en herbáceas con un valor de 65%. Para los combustibles muertos la humedad fue obtenida del programa FireFamily Plus [23]. Los resultados fueron: un 2% para los combustibles de 1 hora, un 4% para los combustibles de 10 horas, un 9% para los combustibles de 100 horas y un 10% para los combustibles de 1000 horas.

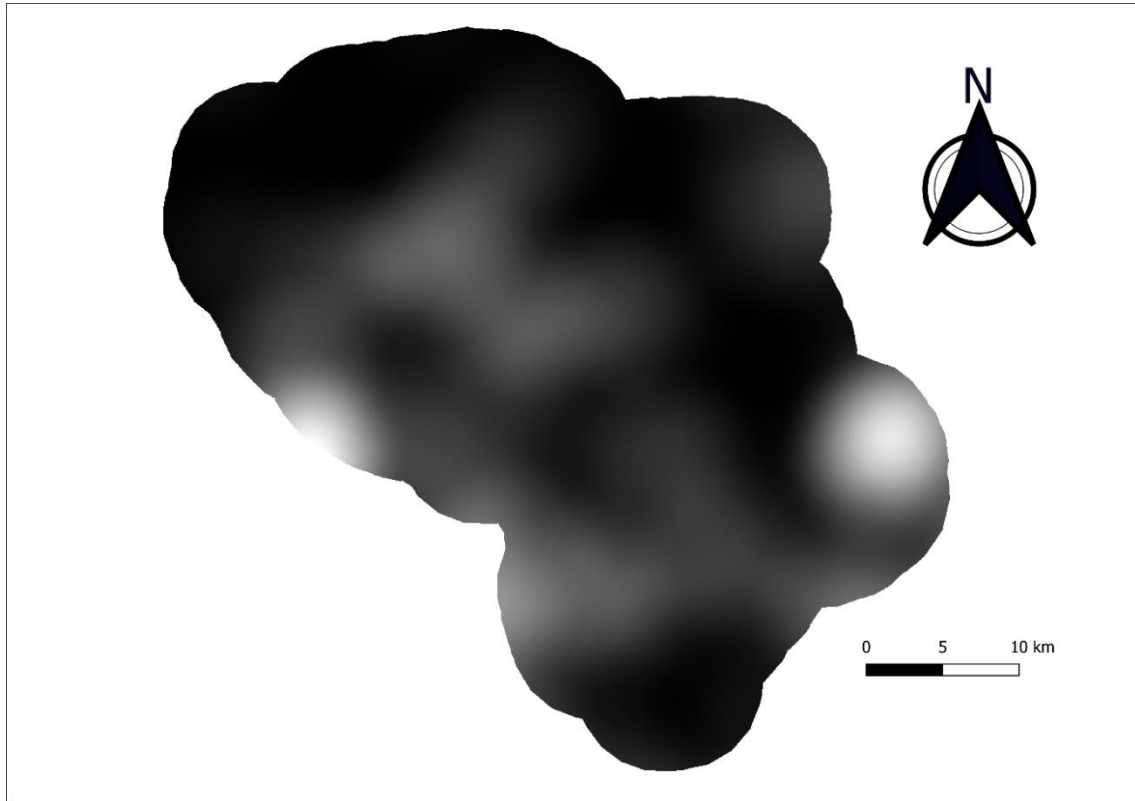
### 11.4.4 PATRÓN DE IGNICIONES SIMULACIONES MTT

Para el patrón de ignición se ha utilizado las ubicaciones de los incendios de la comarca de la base de datos del EGIF.(Figura 103)



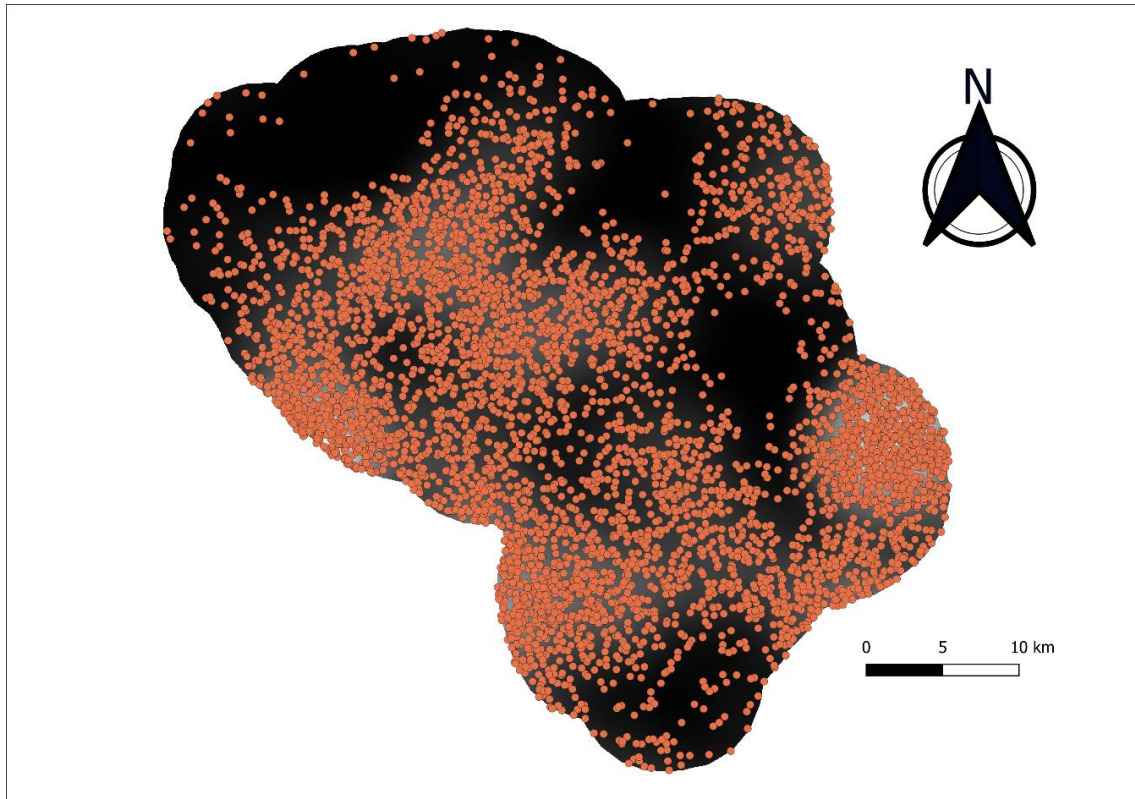
Figura 103. Incendios en la comarca de Tierras Altas. Fuente: EGIF. Elaboración propia.

El conteo por cuadrículas se empleó para determinar el nivel de correlación espacial entre las igniciones observadas se calculó el índice I de Morán para distancias múltiplos de 30 m. La distancia para la cual desapareció la correlación espacial (índice de Morán no significativo) se empleó como ancho de banda para obtener un output de tipo “kernel density” o mapa de calor.(Figura 104)



*Figura 104. Mapa de calor de los incendios. Fuente: EGIF. Elaboración propia.*

El mapa de calor proporciona una función de densidad de probabilidad que puede ser empleada para generar puntos aleatorios (Figura 105). Los puntos aleatorios replicarán el patrón espacial observado en el mapa de calor, es decir, mayor concentración de puntos en las zonas de mayor probabilidad (colores blancos) y menor concentración en las zonas de menor probabilidad (colores oscuros y negro). Empleando el mapa de calor obtenido (Figura 104) se generaron 5000 puntos aleatorios. El valor típico de incendios por año en la zona de estudio son 5 de modo que los 5000 puntos generados se corresponden con las igniciones que deberían observarse en 1000 años si las condiciones de clima y estructura de los combustibles permaneciese inalterada.



*Figura 105. Patrón de ignición. Fuente: EGIF. Elaboración propia.*

## 11.5 RESULTADOS

FlamMap tiene 3 tipos de simulación principales:

- Fire Behavior (FB): crea mapas ráster que muestran las características principales del comportamiento del fuego durante un instante en el tiempo.
- Minimum Travel Time Tab (MTT) calcula la probabilidad de ignición con una simulación de muchos incendios bajo unas condiciones climatológicas que permanecen durante unas horas.
- Treatment Optimization Model Tab (TOM): El proceso del Modelo de optimización del tratamiento (TOM) se basa en el método de crecimiento del fuego con tiempo mínimo de viaje (MTT) para identificar las principales rutas de propagación del fuego e intentar bloquearlas de manera eficiente con tratamientos de combustible. En este documento se han utilizado FB y MTT, ya que son especialmente útiles para el análisis de incendios geoespaciales a corto plazo.

### 11.5.1 SIMULACIONES FIRE BEHAVIOR (FB)

En la siguiente tabla podemos ver los diferentes outputs que resultan de la simulación Fire Behavior (FB). (Tabla 52)

| Output                                | Unidades                                           |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Intensidad del fuego                  | kW/m                                               |
| Velocidad de propagación              | m/min                                              |
| Longitud de llama                     | metros                                             |
| Calor por unidad de área              | $\text{kJ/m}^2$                                    |
| Velocidad del viento a mitad de llama | km/h                                               |
| Actividad del fuego de copas          | 1 (superficie), 2 (antorcheo o pasivo), 3 (activo) |
| Porcentaje de la copa quemada.        | fracción                                           |

Tabla 52. Outputs generados mediante la simulación Fire Behavior. Fuente: FlamMap

En la siguiente figura podemos ver la longitud de llama en metros. (Figura 106)

Las estadísticas para la longitud de llama son:

- Media: 1.32
- Desviación estándar: 1.90
- Min: 0.00
- Max: 46.74
- Mediana: 0.81

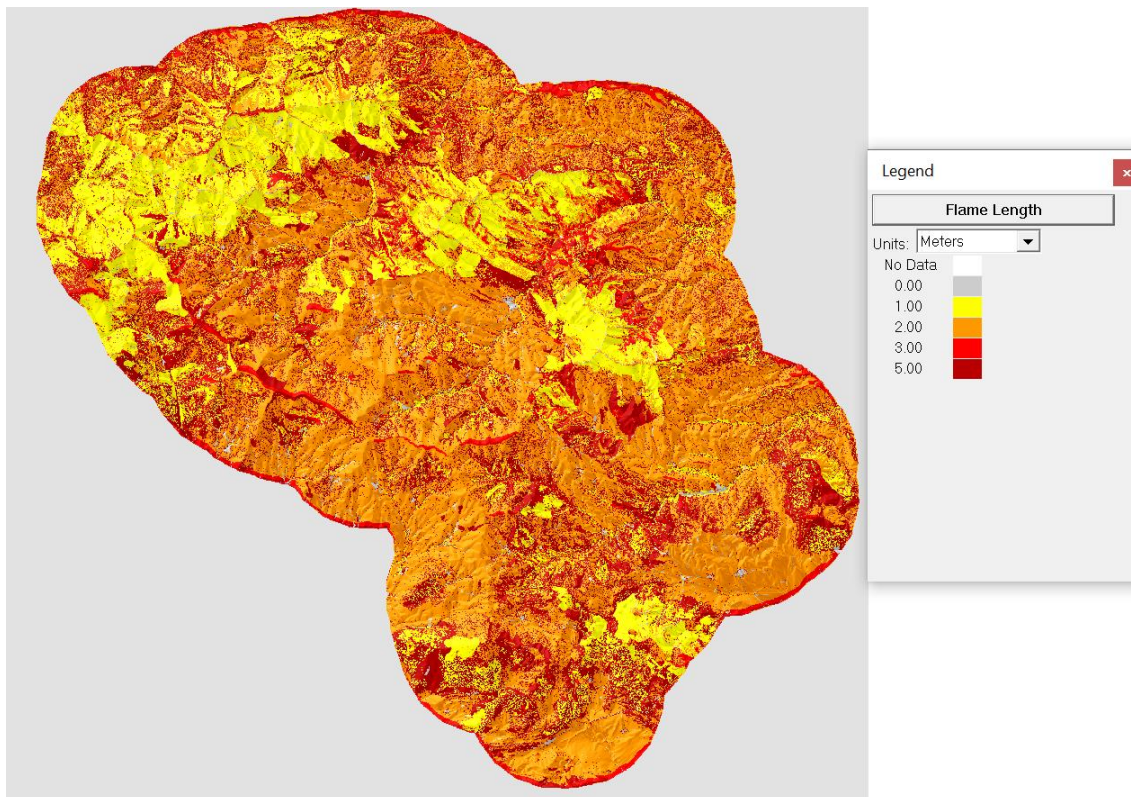
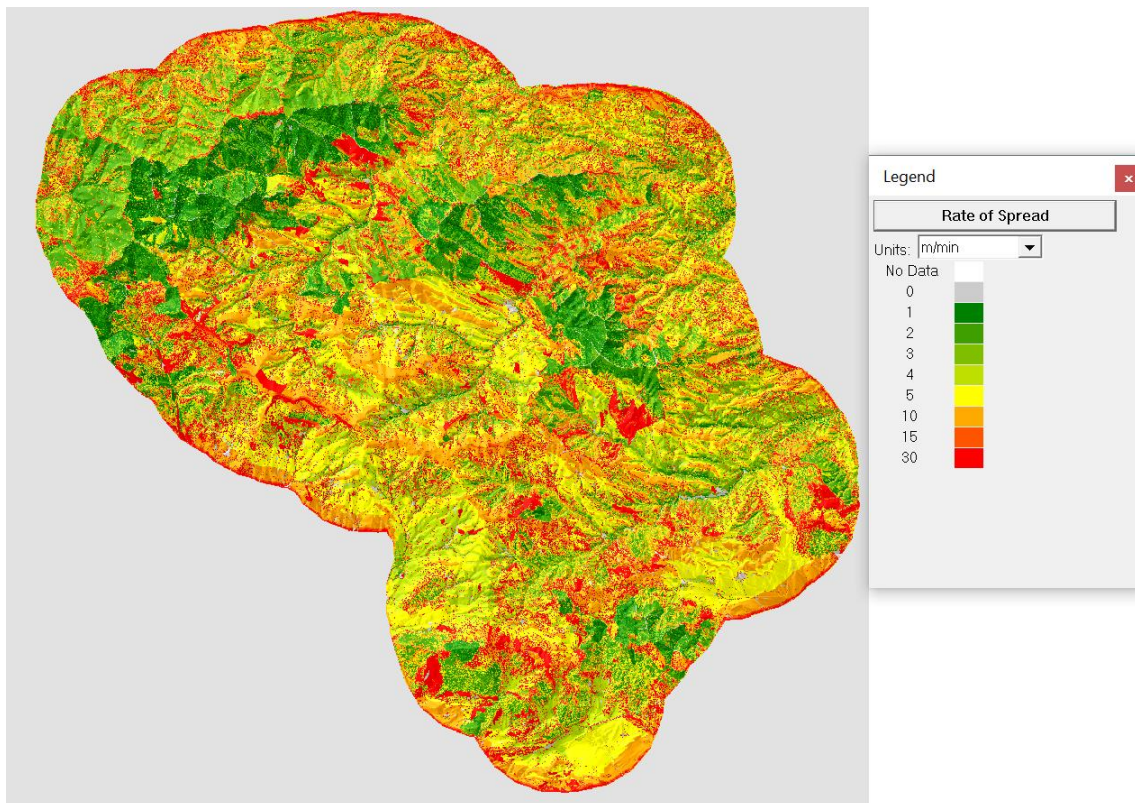


Figura 106. Longitud de llama. Elaboración propia usando FlamMap

La siguiente figura nos muestra la velocidad de propagación en metros por minuto. (Figura 107)

Las estadísticas para la velocidad de propagación son:

- Media: 3.86
- Desviación estándar: 6.98
- Min: 0.00
- Max: 278.40
- Mediana: 1.40

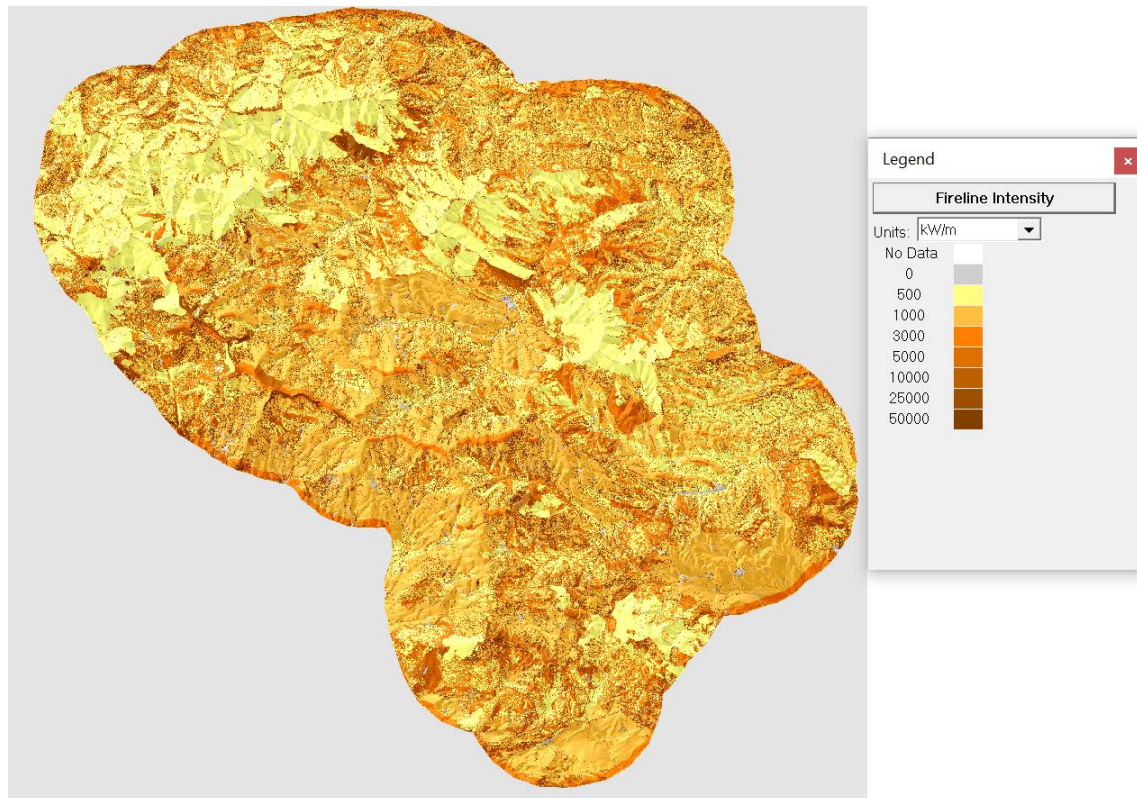


*Figura 107. Velocidad de propagación. Elaboración propia usando FlamMap*

En la siguiente figura podemos ver la intensidad del fuego en kilovatios por metro. (Figura 108)

Las estadísticas para la intensidad del fuego son:

- Media: 1367.07
- Desviación estándar: 3652.20
- Min: 0.00
- Max: 170615.92
- Mediana: 164.36



*Figura 108. Intensidad del fuego. Elaboración propia usando FlamMap*

En la siguiente figura se puede apreciar el calor por unidad de área en kilojulios por metro cuadrado.(Figura 109)

Las estadísticas para el calor por unidad de área son:

- Media: 7894.31
- Desviación estándar: 11155.76
- Min: 0.00
- Max: 169769.00
- Mediana: 6805.82



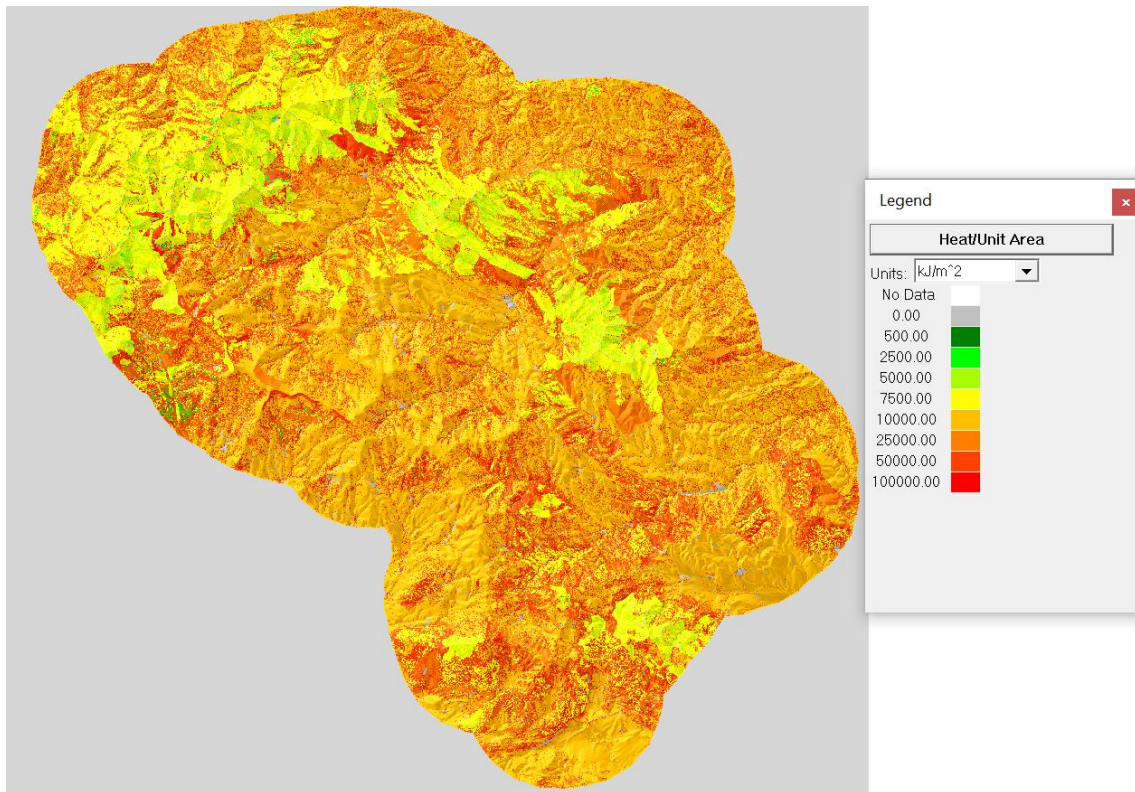


Figura 109. Calor por unidad de área. Elaboración propia usando FlamMap

En la siguiente figura podemos observar la actividad del fuego de copas.(Figura 110)

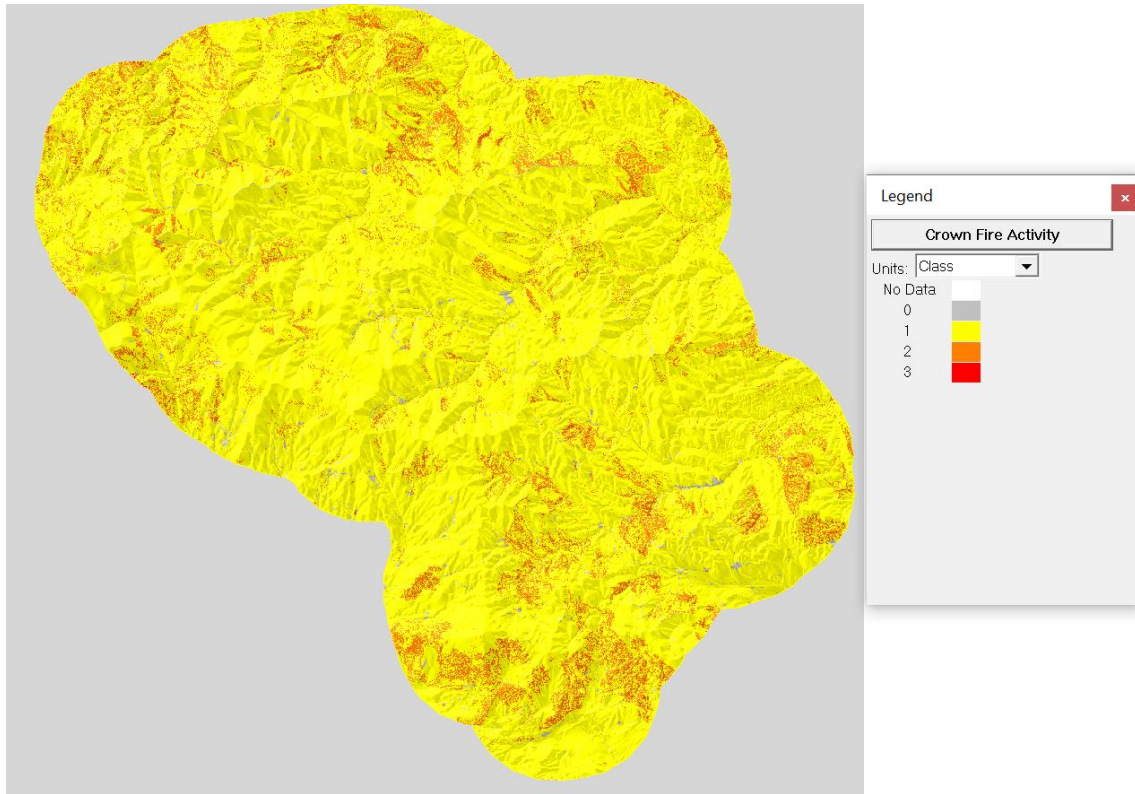
Para interpretarla usaremos la siguiente tabla. (Tabla 53)

| Clasificación del fuego de Copas                    | Valor del atributo de celda |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| Sin características de comportamiento ante el fuego | 0                           |
| Fuego de superficie                                 | 1                           |
| Fuego de copas pasivo o antorcheo.                  | 2                           |
| Fuego de copas activo                               | 3                           |

Tabla 53. Clasificación del fuego de copas en FlamMap. Fuente: FlamMap.

Las estadísticas para la actividad del fuego de copas son:

- Media: 1
- Desviación estándar: 1
- Min: 0.00
- Max: 3
- Mediana: 1

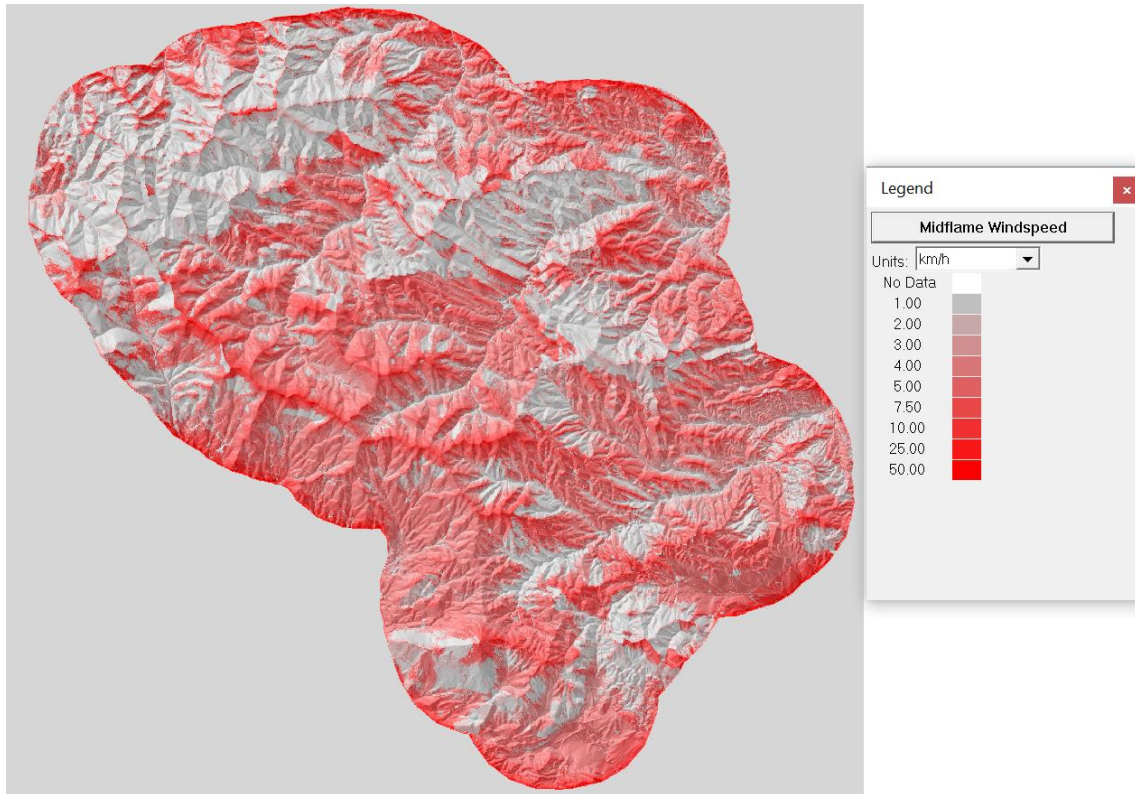


*Figura 110. Actividad del fuego de copas. Fuente: Elaboración propia usando FlamMap.*

En la siguiente figura se puede ver la velocidad del viento a mitad de llama en kilómetros por hora . (Figura 111)

Las estadísticas para la velocidad del viento a mitad de llama son:

- Media: 1.57
- Desviación estándar: 2.02
- Min: 0.00
- Max: 34.00
- Mediana: 0.60



*Figura 111. Velocidad del viento a mitad de llama. Elaboración propia usando FlamMap*

A continuación, podemos ver el porcentaje de la copa que se ha quemado en tanto por ciento. (Figura 112)

Las estadísticas para el porcentaje de la copa que se ha quemado son:

- Media: 0.006
- Desviación estándar: 0.039
- Min: 0.00
- Max: 1.000
- Mediana: 0.000

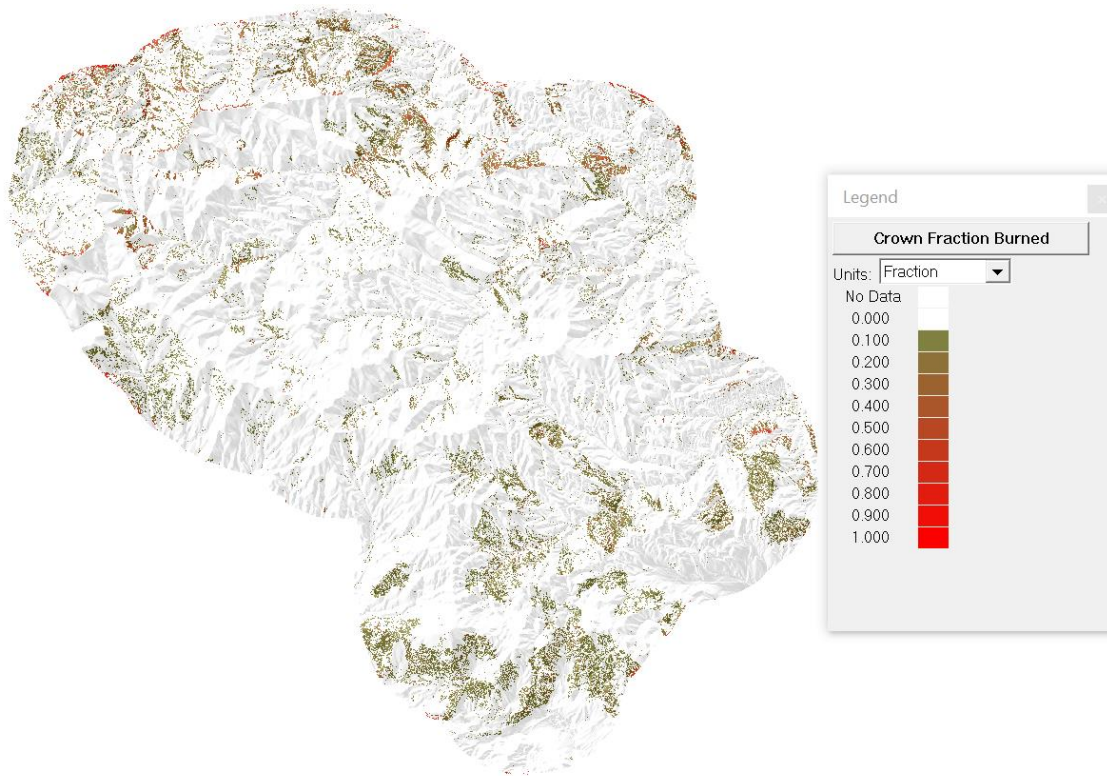


Figura 112. Porcentaje de la copa quemada. Elaboración propia usando FlamMap

### 11.5.2 SIMULACIONES MTT

Dispone de una opción muy interesante de incluir barreras en la simulación. Por lo que se podría ver la utilidad de las labores preventivas planificadas. Se establece una probabilidad de emisión de pavesas de 0.25. En la siguiente tabla podemos ver los diferentes outputs que hemos obtenido. (Tabla 54)

| Output                       | Descripción                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Perímetros de las igniciones | Capa vectorial con los perímetros de los incendios generados por las igniciones |
| Probabilidad de quema        | Capa ráster con el porcentaje del nº de incendios que encontró en cada nodo.    |

Tabla 54. Outputs generados mediante la simulación Minimum Travel Time Tab. Fuente: FlamMap

En la siguiente figura podemos ver el número de hectáreas que se han quemado durante las 5000 igniciones. (Figura 113)

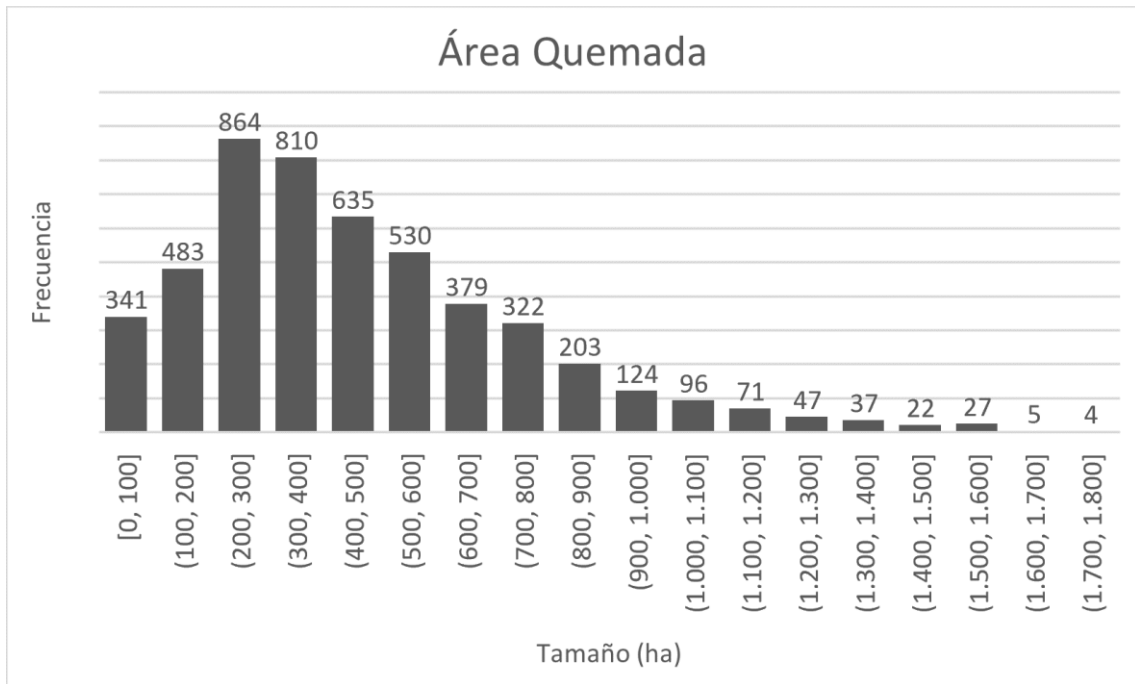


Figura 113. Área quemada en la simulación MTT. Elaboración propia usando FlamMap

En la siguiente figura se pueden observar los perímetros de las 5000 igniciones que se han realizado. (Figura 114)

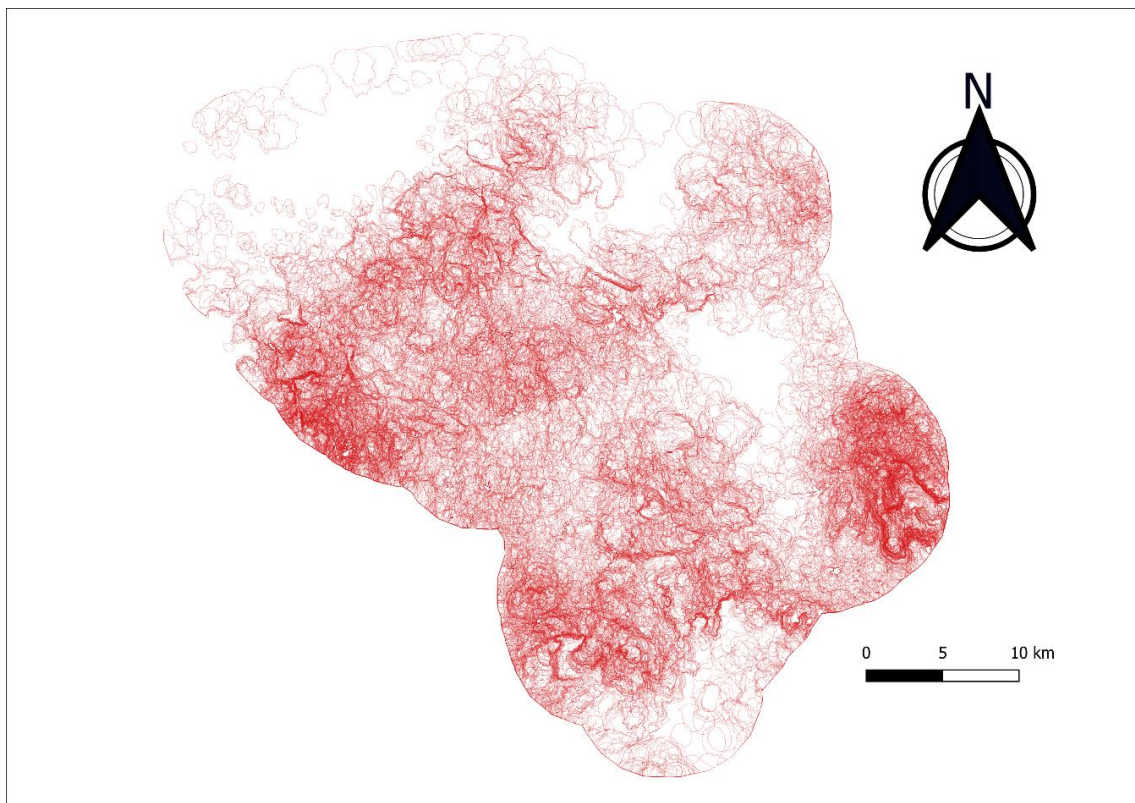


Figura 114. Perímetros de las igniciones. Elaboración propia usando FlamMap

Las altas probabilidades de quema están relacionadas con el tamaño de los incendios que ocurren en un paisaje determinado: para las mismas condiciones, los incendios grandes producen probabilidades más altas que los incendios pequeños. Dado que el tamaño del incendio es función de la tasa de propagación bruta y la duración del incendio, los tratamientos que reducen la tasa de propagación reducirán la probabilidad de quema.

Por último, podemos observar una figura con la probabilidad de quema. Se pueden observar valores altos en el oeste y este de la comarca. (Figura 115)

Las estadísticas para la probabilidad de quema son:

- Media: 0.0017
- Desviación estándar: 0.0032
- Min: 0.0000
- Max: 0.0312
- Mediana: 0.0000

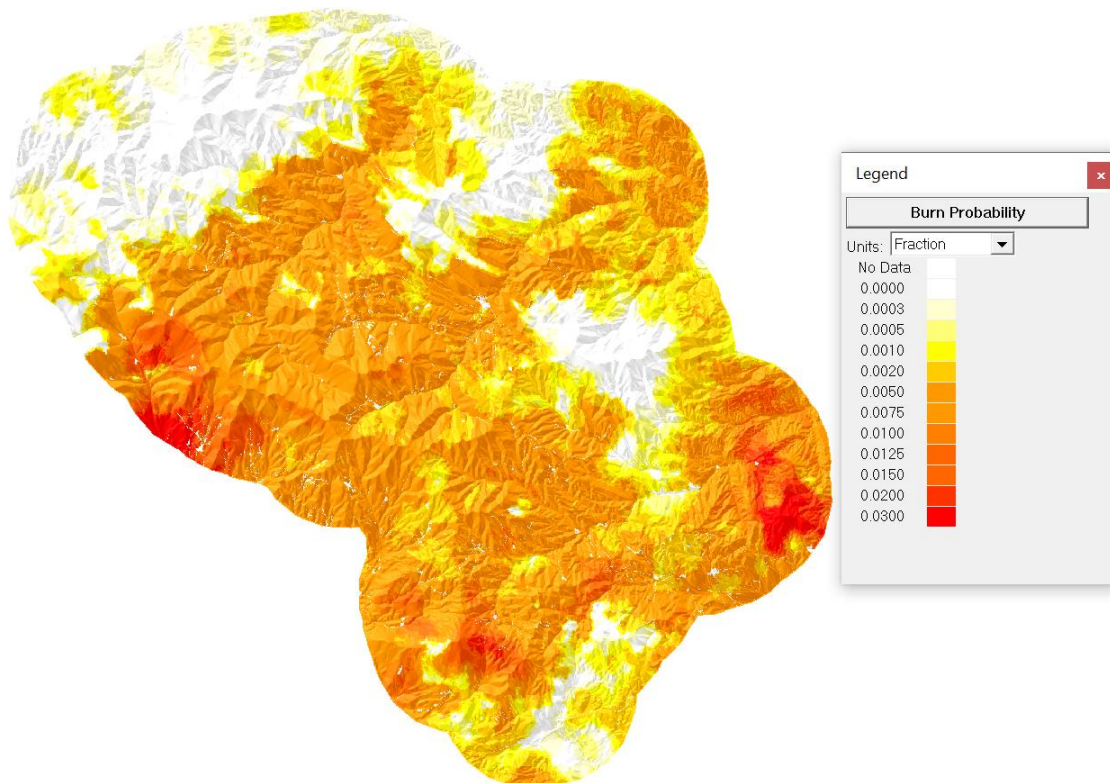


Figura 115. Probabilidad de quema. Elaboración propia usando FlamMap

## 11.6 DISCUSIÓN

FlamMap permite obtener parámetros importantes sobre el comportamiento de posibles incendios que ocurran en un futuro. Esas previsiones proporcionan una información muy valiosa que se puede emplear tanto en la prevención de incendios para diseñar las infraestructuras necesarias como en la extinción, ayudando a planificar las intervenciones y en la toma de decisiones que ocurren durante la fase de ataque al incendio.

Desarrollar las simulaciones para la comarca de Tierras Altas ha requerido preparar un gran número de inputs y entender un software complejo. Por razones de tiempo no se han podido integrar los resultados de este capítulo en el capítulo 9 (definición y cuantificación del riesgo y peligro de incendios), pero hubiese sido muy interesante incluir los mapas de velocidad de propagación, longitud de llama, cantidad de calor por área y probabilidad de quema, en el cálculo de la peligrosidad. Los outputs generados por FlamMap proporcionan una información similar, pero de mayor detalle que la empleada en el capítulo 9. Esta información habría permitido solventar problemas como el bajo nivel de detalle de ciertas capas empleadas en la cuantificación del riesgo. Por otro lado, FlamMap proporciona información que es relevante para determinar conocer la superficie que se encuentran fuera de capacidad de extinción y por tanto podrían contribuir a hacer una caracterización más realista de los riesgos en la zona de estudio. Estas zonas se deben tener en consideración para el diseño de una red de áreas de defensa el establecimiento de una estrategia de silvicultura preventiva.

Por otro lado, FlamMap, en el modo FB proporciona información que es relevante para conocer la superficie que se encuentran fuera de capacidad de extinción y por tanto podrían contribuir a hacer una caracterización más realista de los riesgos en la zona de estudio. Además, los mapas de velocidad de propagación, cantidad de calor, intensidad del frente de llamas muestran información muy relevante para determinar las zonas donde las labores de extinción pueden desarrollarse con seguridad. Por otro lado, los outputs del modo MTT, proporcionan una información más general sobre la dinámica de incendios en el área de estudio y su utilidad es complementaria. Si bien los outputs del modo MTT no pueden usarse de forma directa para planificar labores de extinción, sí que proporcionan una información espacial sobre la dinámica de incendios en una zona determinada y unos valores de probabilidad de quema realistas y basados en un estudio estructurado de los registros de incendios de la zona y sus características de topografía, estructura de la vegetación y meteorología. Por tanto, ambos tipos de outputs (simulaciones FB y MTT) deberían tomarse en consideración para el diseño de una red de áreas de defensa y el establecimiento de una estrategia de silvicultura preventiva.

Se podría usar para determinar los Puntos Estratégicos de Gestión (PEGs) la simulación Treatment Optimization Model Tab (TOM). Al determinar estos PEGs se pueden planificar unas actuaciones de prevención con el fin de aumentar la probabilidad de que el fuego cuando llegue, lo haga con comportamiento dentro de capacidad de extinción.





## 12 PROPUESTA DE ACCIONES DE PREVENCIÓN

En este capítulo se integran los resultados de los capítulos anteriores y se proponen distintas actuaciones de prevención en distintas localizaciones de la zona de estudio. Se entienden como acciones preventivas todas aquellas actuaciones encaminadas a reducir el riesgo de incendios forestales y se agruparán en las siguientes categorías establecidas siguiendo la clasificación de actuaciones del Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla La Mancha [2]:

- Acciones dirigidas a la población.
- Acciones dirigidas al medio físico, que se agrupan en las siguientes actuaciones:
  - o Red de áreas de defensa: selvicultura preventiva.
  - o Red viaria o vías de acceso.
  - o Red de puntos de agua.
- Actuaciones complementarias.

### 12.1 ACCIONES DIRIGIDAS A LA POBLACIÓN.

Se consideran dos tipos de actuaciones dirigidas a la población. En primer lugar, la conciliación de intereses y, en segundo lugar, campañas de información y concienciación.

#### **Conciliación de intereses**

Las zonas forestales se ven sometidas a distintos usos por parte de distintos agentes y en ocasiones dichos usos implican intereses enfrentado y conflictos de intereses. Estos conflictos pueden derivar en un aumento del número de incendios. Por ello, es importante asegurarse que los distintos usos del monte en la comarca se realizan de forma armonizada y con una serie de normas y pautas de usos aceptadas por los distintos usuarios. Para facilitar este consenso se propone realizar mesas redondas y sesiones en las que se facilite llegar a un consenso sobre las formas y tiempos en los que pueden desarrollarse distintos tipos de actividades.

#### **Información y concienciación**

Fomentar la información y concienciación en materia de incendios forestales es fundamental para minimizar la ocurrencia de incendios derivados de negligencias o malas prácticas. Se propone, realizar talleres y charlas formativas en los distintos municipios de la comarca, en los que se muestre a la población cuales son los principales peligros relacionados con los incendios y como pueden evitarse. Estas charlas estarán diseñadas y adaptadas para distintos sectores de la población. Es recomendable que las charlas y la comunicación directa con la población se complemente con otro tipo de actividades como anuncios o alertas en medios de información locales o redes sociales, durante la temporada de alto peligro.

### 12.1.1 PROPUESTAS DE ACTUACIONES

Se propone priorizar las acciones dirigidas a la población en los municipios con mayor peligro por causa de incendios (Figura 57) y mayor probabilidad de quema. (Figura 115). Estos municipios son Suellacabras, Magaña, San Pedro Manrique, Villar del Río, Santa Cruz de Yanguas y Yanguas. (Figura 116)

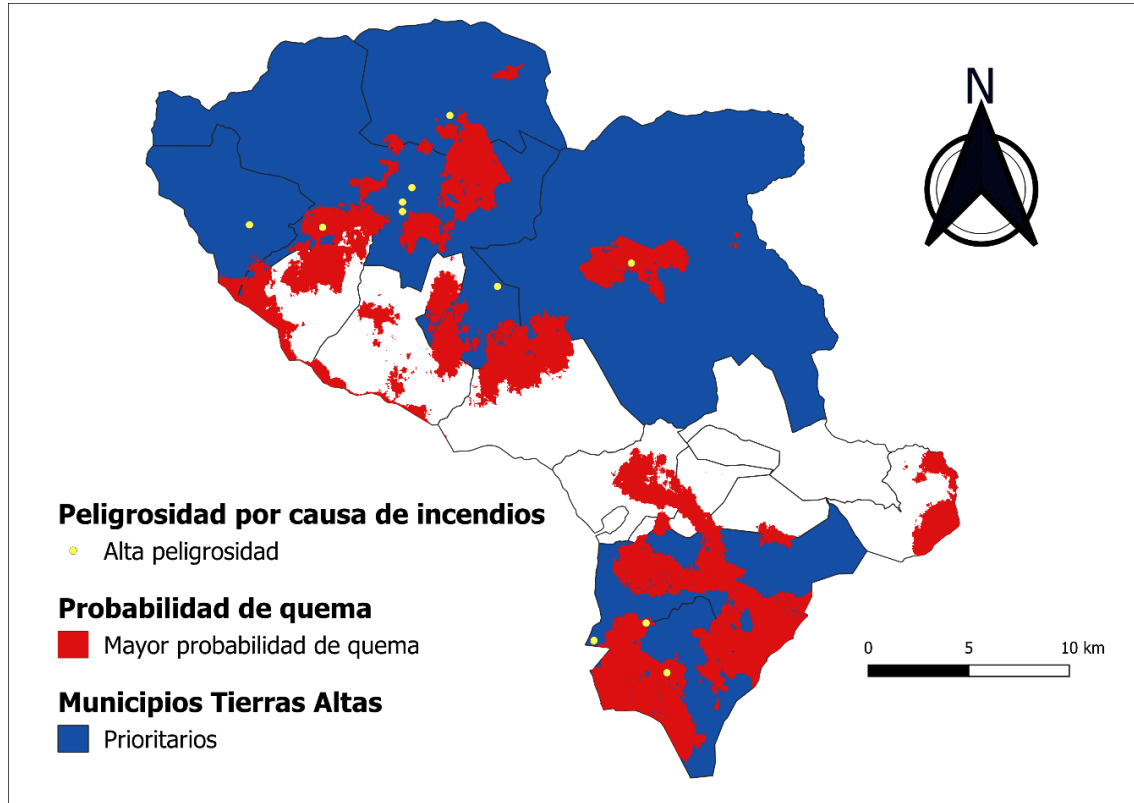


Figura 116. Propuesta de actuaciones dirigidas a la población.

En dichos municipios se llevarán a cabo las siguientes actuaciones:

- Promover 1 reunión al año por municipio con los diferentes sectores que repercuten en el aumento de la siniestralidad.
- 1 Campaña publicitaria al año en los medios de información locales para concienciar de consecuencias de los incendios forestales.
- 1 taller de educación ambiental al año en los colegios de cada municipio.

### 12.2 RED DE ÁREAS DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES (RAD).

La Red de Áreas de Defensa (RAD) Contra Incendios Forestales se pueden definir cómo un conjunto de actuaciones en las que se modifica la estructura de la vegetación y combustibles forestales, de forma que se minimicen el riesgo de que los incendios escapen a la capacidad de extinción y afecten a infraestructuras, viviendas y bienes materiales e inmateriales. Para ellos las RAD consideran tres ejes fundamentales:

- La ruptura de la continuidad horizontal y la reducción de la velocidad de propagación e intensidad de posibles incendios. Esto fomenta que los incendios que puedan ocurrir en una zona no crezcan por encima de la capacidad de extinción.
- Actuar en ubicaciones estratégicamente localizadas, de modo que se maximice la protección de infraestructuras y viviendas.
- Priorizar los tratamientos en las zonas del paisaje que impliquen un mayor peligro o mayor probabilidad de escape de la capacidad de extinción.

Se propone, que la RAD que se desarrollen en la comarca de tierras altas sigan las tipologías de infraestructuras establecidas en el Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla La Mancha [2].

### **Tipos de infraestructuras**

- **Áreas de Contención:** son superficies en las que se modifica la estructura de la vegetación en fajas con una anchura determinada. En estas zonas se disminuye la continuidad horizontal y vertical de los combustibles de forma que actúen como líneas de defensa para posibles incendios. Es conveniente que estas actuaciones lineales se desarrollen de forma jerarquizada, estableciendo una malla constituida por elementos de distinto orden de prioridad. Teniendo las zonas de orden superior una anchura e intensidad de tratamiento cada vez mayor. El diseño de estas implica tomar numerosas decisiones sobre el trazado de esta. Por tanto, es posible considerar una gran cantidad de alternativas de diseño en la construcción de este tipo de áreas. Las directrices de diseño que se propone emplear en la comarca de Tierras Altas son también las indicadas en el Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla La Mancha [9].
- **Áreas de Protección de Infraestructuras:** Son zonas en las que se realizan actuaciones de reducción de combustibles y continuidad horizontal y vertical. A diferencia de las áreas de contención, estas actuaciones se ubican y diseñan de forma personalizada para proteger determinadas infraestructuras, como carreteras, urbanizaciones, etc. Una vez seleccionadas las infraestructuras a proteger, la ubicación de este tipo de actuaciones queda prácticamente determinada y su diseño, comparado con el diseño de áreas de contención presenta menos grado de libertad.
- **Áreas Estratégicas:** Son actuaciones que se desarrollan en ubicaciones determinadas por una alta peligrosidad. Por ejemplo, en zonas como nudos de barranco, crestas o en zonas con una alta carga de combustible. Igual que ocurre con las áreas de protección de infraestructuras, una vez identificadas las zonas de alta peligrosidad, queda determinada de forma clara su ubicación en el espacio lo cual reduce el número de grados de libertad que hay que considerar en su diseño.

## 12.2.1 PROPUESTAS DE ACTUACIONES

### - Áreas de Contención:

Para identificar posibles actuaciones de áreas de contención en la red de áreas de defensa contra incendios forestales se han considerado los siguientes factores: (Figura 117)

- Alta probabilidad de quema según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.2 Simulaciones MTT (Figura 115)
- Zonas cercanas a pistas o carreteras para que sean accesibles según el mapa de accesos del capítulo 9.2.1 Eficacia de la defensa. (Figura 65)
- Zonas con posibilidad de fuego de copas pasivo o antorcheo según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.1 Simulaciones Fire Behavior (Figura 110)
- Zonas que se encuentren dentro de la red de accesos según el mapa que se encuentra en el capítulo 8.2.1 red de accesos. (Figura 47)
- Zonas con un valor elevado de continuidad horizontal según el mapa de continuidad del capítulo 10.2.2 cálculo de continuidad.(Figura 75)

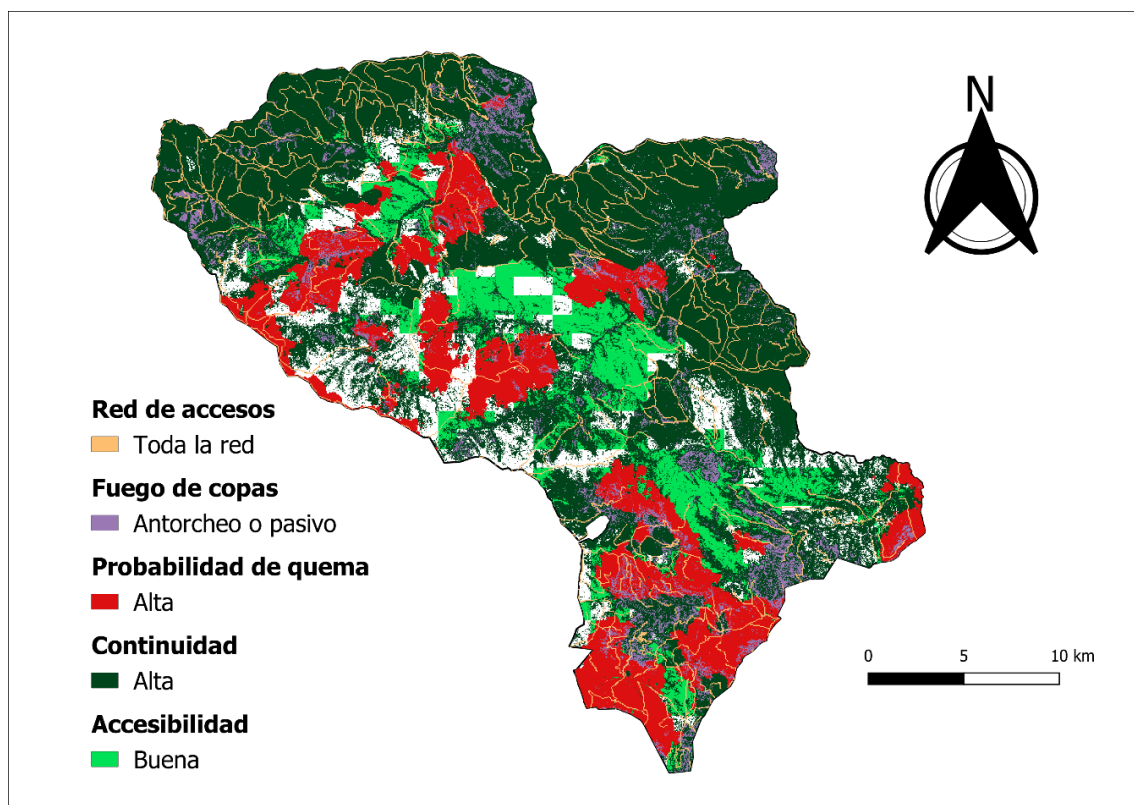
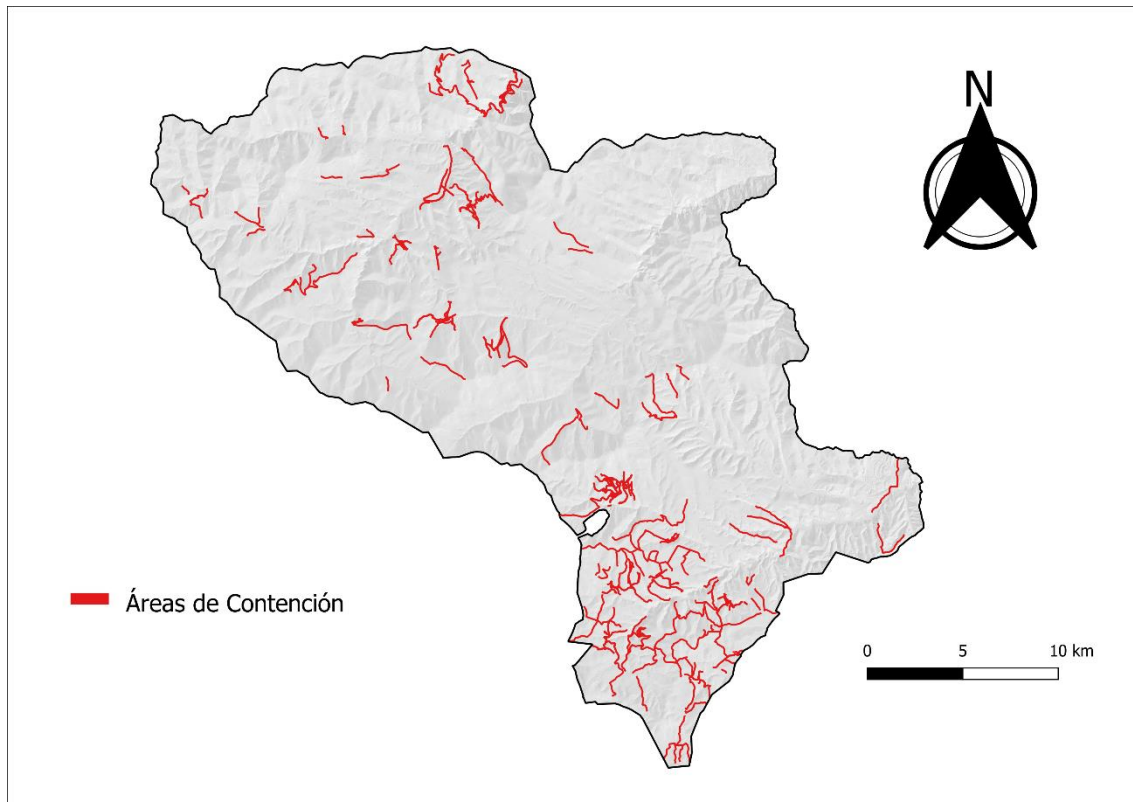


Figura 117. Integración de valores para priorizar la creación de las áreas de contención.

Tras integrar los diferentes factores se han identificado las partes de la red de transporte que cumplen con las 5 características. Para mejorar la red de áreas de defensa contra incendios forestales (RAD) se propone crear áreas de contención en las ubicaciones donde ocurren de forma simultánea los cinco factores anteriormente descritos. Estas zonas

aparecen en la siguiente imagen coloreadas en rojo. (Figura 118). Se actuar en el 50% de las áreas identificadas durante los próximos 10 años.

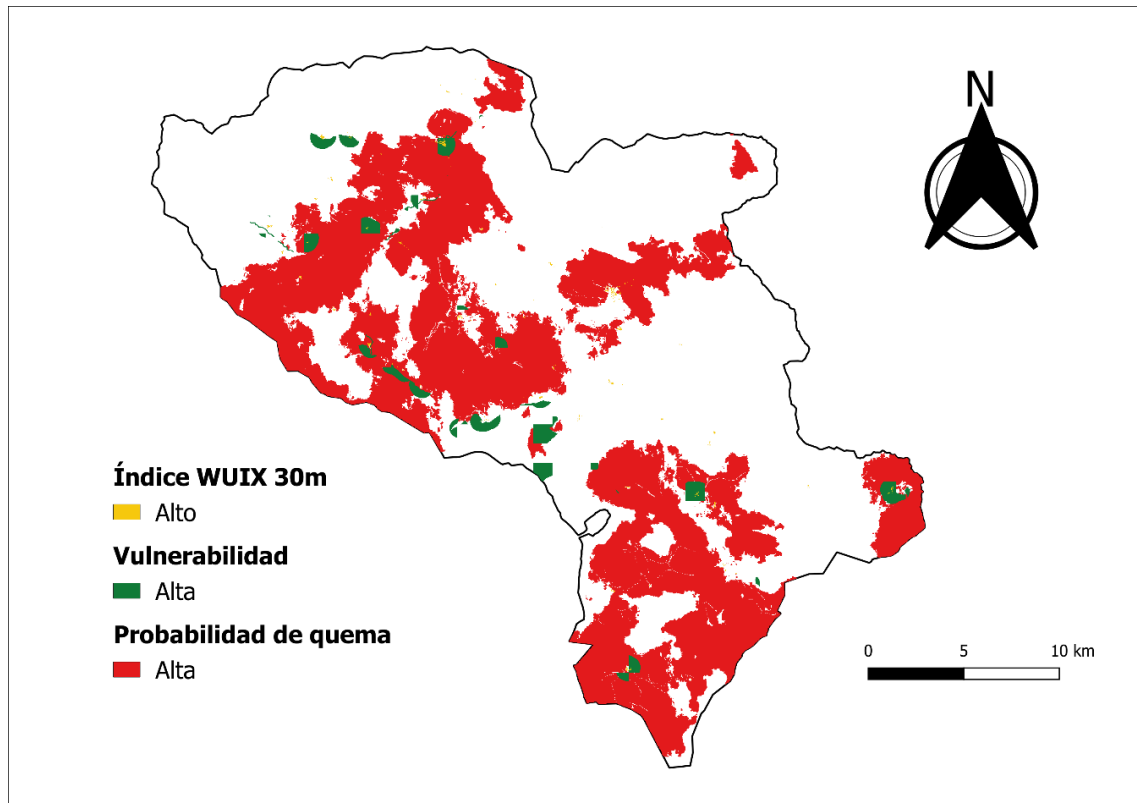


*Figura 118. Propuestas de creación de áreas de contención.*

- **Áreas de Protección de Infraestructuras:**

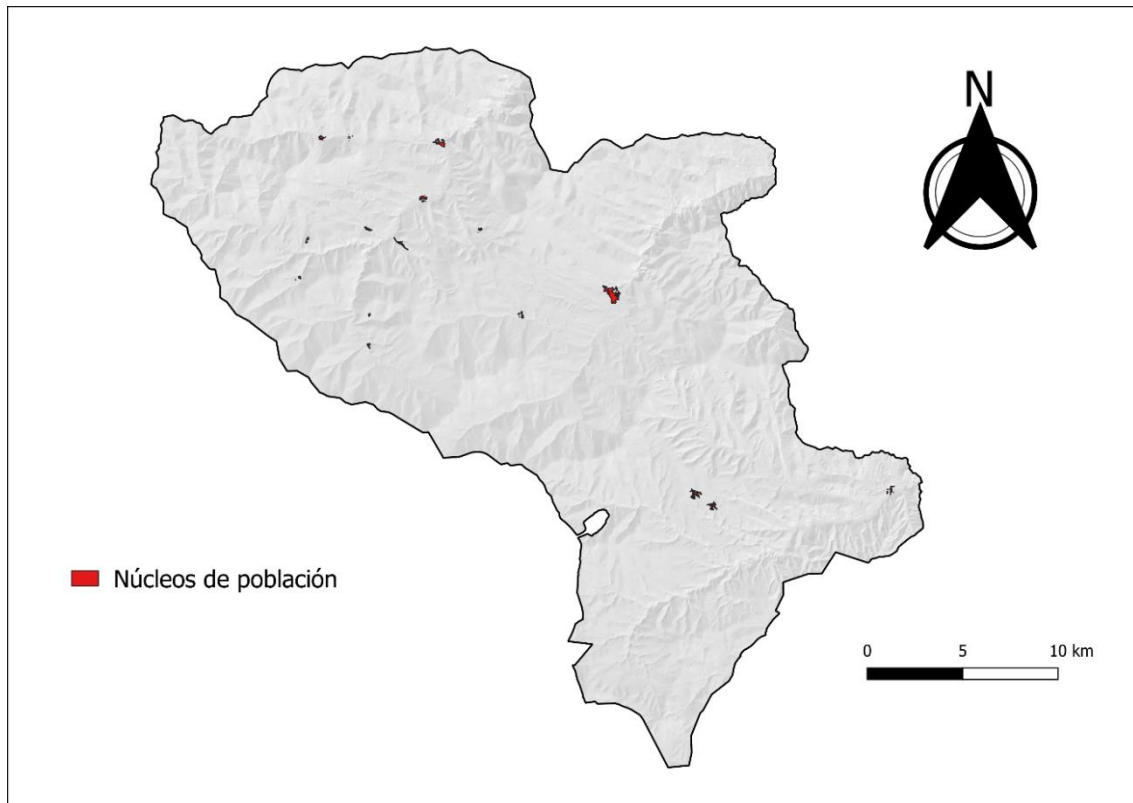
Para identificar posibles actuaciones de áreas de protección de infraestructuras en la red de áreas de defensa contra incendios forestales se han considerado los siguientes factores: (Figura 119)

- Alta probabilidad de quema según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.2 Simulaciones MTT (Figura 115)
- Alto índice WUIX según el índice WUIX a una resolución de 30 m del capítulo 10.2.4 cálculo de valores WUIX para varias escalas y método de comparación.
- Vulnerabilidad alta según el mapa (Figura 69) del capítulo 9.2.4 integración: obtención de la vulnerabilidad.



*Figura 119. Integración de valores para priorizar la creación de las áreas de protección de infraestructuras.*

Tras integrar los diferentes factores se han identificado los núcleos de población que se encuentran en zonas vulnerables y con una alta probabilidad de quema. Los núcleos de población que se han identificado son Palacio de San Pedro, Yanguas, Valduerteles, Diustes, Fuentes de Magaña, La Cuesta, San Pedro Manrique, Villar del Río, La Laguna, Cerbón, Cigudosa, Verguizas, Valloria, Bretun, Camporredondo y Ladrado. Para mejorar la red de áreas de defensa contra incendios forestales (RAD) se propone crear áreas de protección de infraestructuras en los núcleos de población que aparecen en la siguiente imagen en rojo. (Figura 120). Se propone la creación del 100% de las áreas de protección de infraestructuras durante los próximos 10 años.

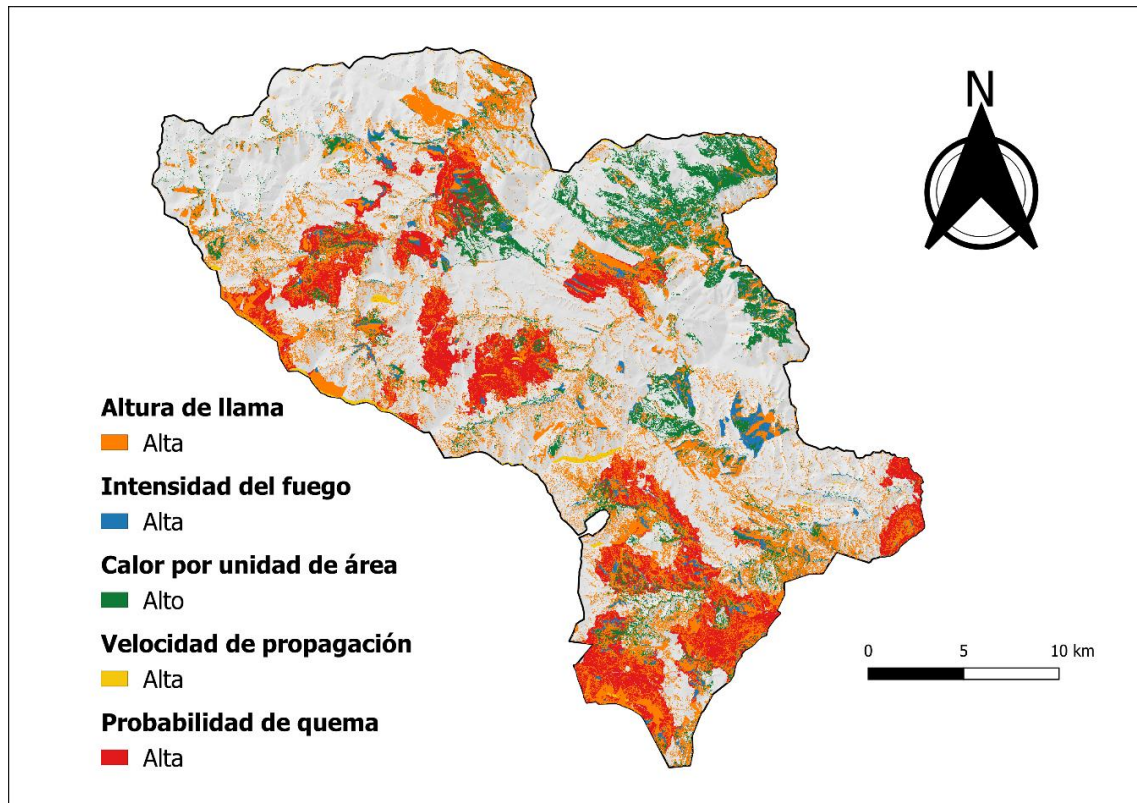


*Figura 120. Propuestas de creación de áreas de protección de infraestructuras.*

- **Áreas Estratégicas:**

Para identificar posibles actuaciones de áreas estratégicas en la red de áreas de defensa contra incendios forestales se han considerado los siguientes factores: (Figura 121)

- Alta probabilidad de quema según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.2 Simulaciones MTT (Figura 115)
- Alta velocidad de propagación según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.1 Simulaciones FB (Figura 107)
- Mayor calor por unidad de área según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.1 Simulaciones FB (Figura 109)
- Alta intensidad del fuego según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.1 Simulaciones FB (Figura 108)
- Mayor longitud de llama según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.1 Simulaciones FB (Figura 106)



*Figura 121. Integración de valores para priorizar la creación de áreas estratégicas.*

Tras integrar los diferentes factores, se han identificado las zonas que se encuentran fuera de capacidad de extinción. Estas zonas son las que cumplen las 5 características anteriormente descritas y aparecen en rojo en la siguiente figura, (Figura 122). En estas zonas deberán concentrarse las áreas estratégicas. Se propone que durante los próximos 10 años se creen áreas estratégicas ocupando el 10% de la superficie que cumple con los 5 criterios de selección.



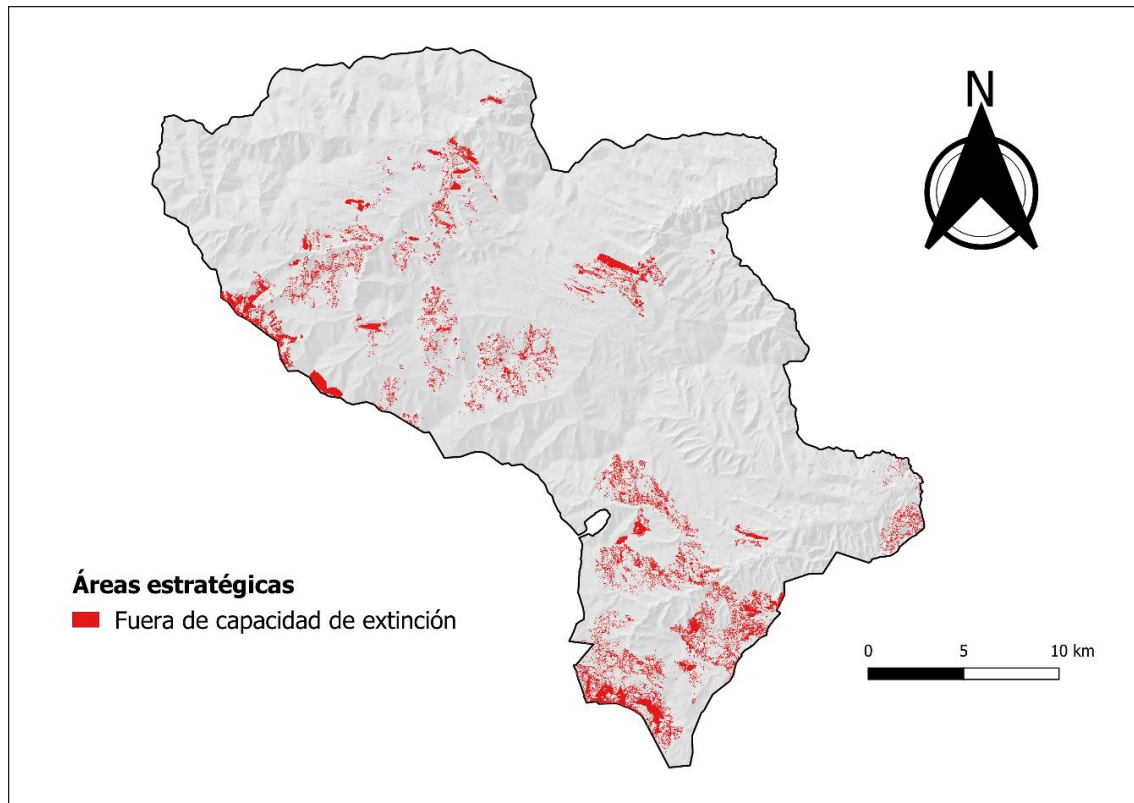


Figura 122. Propuestas de creación de áreas estratégicas.

## 12.3 RED VIARIA

Desde el punto de vista de la defensa contra incendios forestales, se considera como red viaria el conjunto de carreteras y caminos por los que pueden circular y desplazarse los medios de extinción y prevención. Esta red, no se restringe a carreteras asfaltadas y puede incluir caminos, accesos y sendas por los que puedan acceder vehículos todo terreno. Es necesario reducir los tiempos de respuesta de los medios de extinción con el fin de minimizar la extensión y gravedad de los daños que puedan causar incendios futuros. Para ello, es fundamental el mantenimiento de una red viaria adecuada. Por otro lado, las tareas de prevención, también se ven facilitadas si las redes de vías y accesos se encuentran en un buen estado de conservación.

El objetivo de este apartado es doble. En primer lugar, se pretende identificar aquellos caminos y pistas que presentan un estado de conservación desfavorable y requieren de actuaciones de mejora. En segundo lugar, se intenta identificar en qué vías debe priorizarse la mejora con el fin de maximizar la eficiencia de los medios de extinción y su seguridad ante un posible incendio.

### 12.3.1 PROPUESTAS DE ACTUACIONES

La red viaria principal en la comarca es compleja y no se identifican zonas donde deban construirse nuevas carreteras. Sin embargo, el inventario de vías indica que numerosas pistas y requieren reparaciones con distinto grado de urgencia. Para identificar qué

elementos de la red viaria existente deben ser sometidos a mejora con mayor urgencia se han considerado los siguientes factores:

- La necesidad de reparación de las pistas y caminos atendiendo únicamente a su estado físico (Figura 48)
- Y su ubicación con respecto a zonas que presentan un riesgo de incendios medio o alto según el análisis realizado en el capítulo 9.3 integración de peligrosidad y vulnerabilidad. generación del índice de riesgo. (Figura 70).

La integración de ambos valores lo podemos ver en la siguiente figura. (Figura 123)

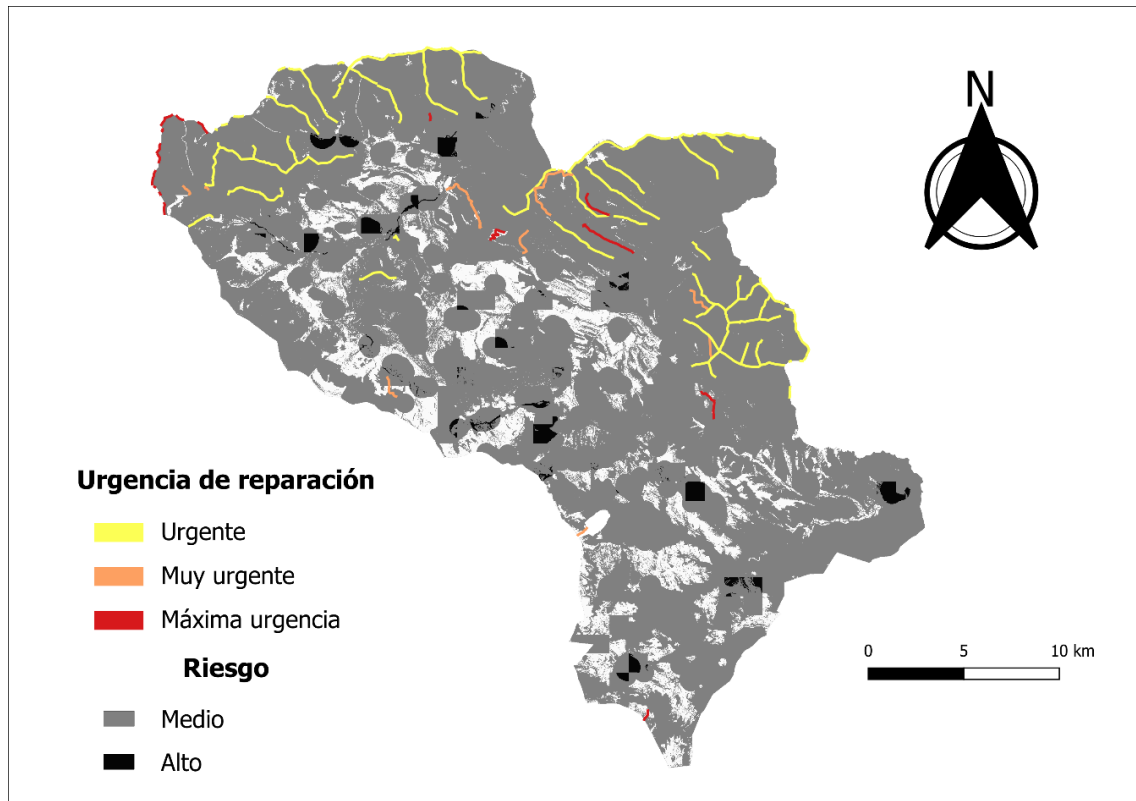


Figura 123. Integración de valores para priorizar las actuaciones de la red viaria.

Se propone la mejora o mantenimiento de caminos y pistas que se exponen a continuación. (Figura 124). Como puede observarse en la (Figura 123), todas las pistas que requieren de mejoras urgentes se ubican en zonas con riesgo medio y alto. Esto claramente indica que es necesario hacer una inversión en la mejora de la red viaria. Por tanto, debería prestarse mucha atención a estas mejoras en planes actuación de ámbito local. Se propone mejorar el 50% de las pistas seleccionadas durante los próximos 10 años.

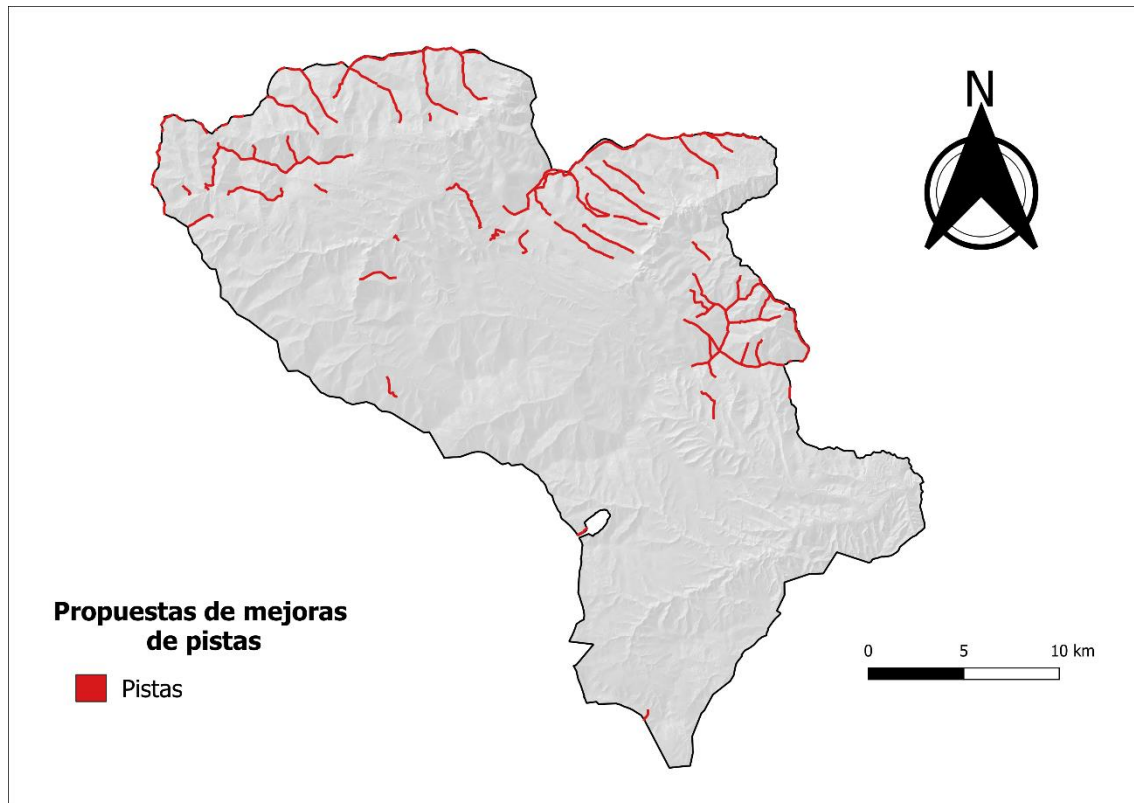


Figura 124. Propuestas de mejoras de pistas en la comarca de Tierras Altas.

## 12.4 RED DE PUNTOS DE AGUA

Aumentar y mejorar los puntos de agua es fundamental para las tareas de extinción de incendios, ya el aprovisionamiento de agua es fundamental para alimentar autobombas y helicópteros equipados con medios de descarga. En este apartado, se persigue identificar zonas de la comarca donde puede mejorarse la red de puntos de agua. Se consideran dos tipos de puntos de agua:

- Puntos de agua para autobombas, accesibles para medios terrestres.
- Puntos de agua para helicópteros equipados con helibaldes.

Para mejorar la red de puntos de agua de la comarca de tierras altas se adoptan directrices establecidos en el Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla La Mancha [9].

### 12.4.1 PROPUESTAS DE ACTUACIONES

Para identificar posibles localizaciones de nuevos puntos de agua se han considerado los siguientes factores: (Figura 125)

- Alta probabilidad de quema según la simulación de FlamMap del capítulo 11.5.2 Simulaciones MTT (Figura 115)
- Zonas llanas o con poca pendiente según la pendiente del capítulo 5.3.1 Relieve.(Figura 13)

- Zonas cercanas a pistas o carreteras para que sean accesibles según el mapa de accesos del capítulo 9.2.1 Eficacia de la defensa(Figura 65)
- Zonas con disponibilidad de agua cercana según el mapa de red hidrográfica del capítulo 5.3.3.(Figura 17)
- Zonas con una cadencia de descarga de medios aéreos mayor a 8 min Según el mapa de Isócronas entorno a los puntos de agua de carga de helicóptero del capítulo 8.2.7 (Figura 50)

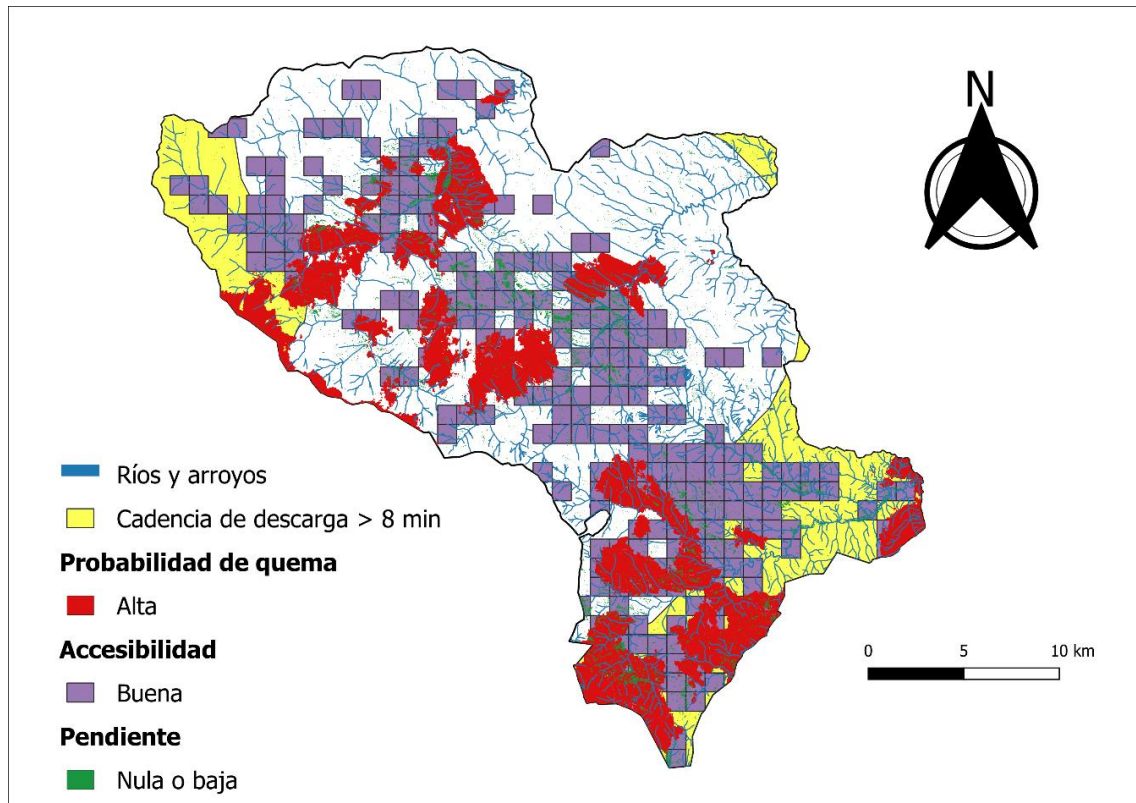


Figura 125. Integración de factores para priorizar las posibles localizaciones de nuevos puntos de agua.

Tras integrar los diferentes factores se han identificado 3 municipios (Vizmanos, Magaña y Suellacabras) con ubicaciones que cumplen con las 5 características. Así, para mejorar la red de puntos de agua se propone construir 3 puntos de agua, uno en cada uno de los municipios citados. En las siguientes figuras, (Figura 126, Figura 127 y Figura 128), podemos ver en amarillo las zonas que cumplen las 5 características anteriormente descritas y que podrían ser consideradas como ubicaciones para la construcción de nuevos puntos de agua.

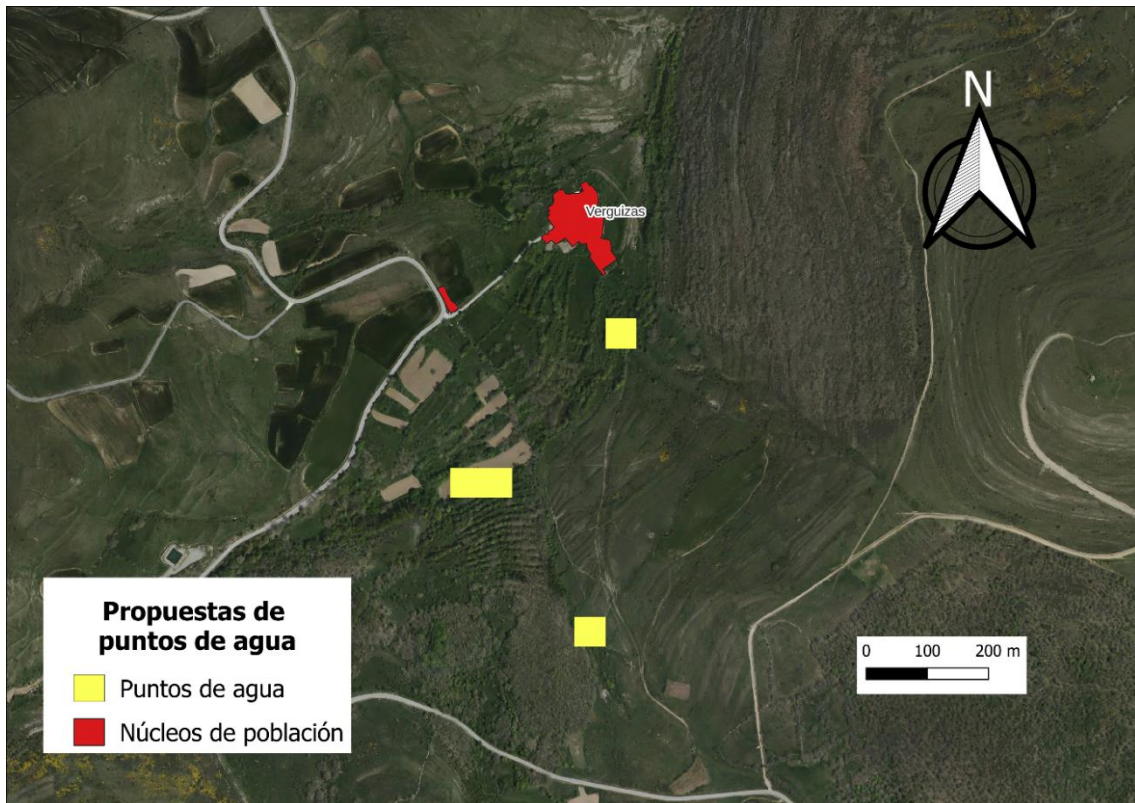


Figura 126. Propuestas de puntos de agua en el municipio de Vizmanos.

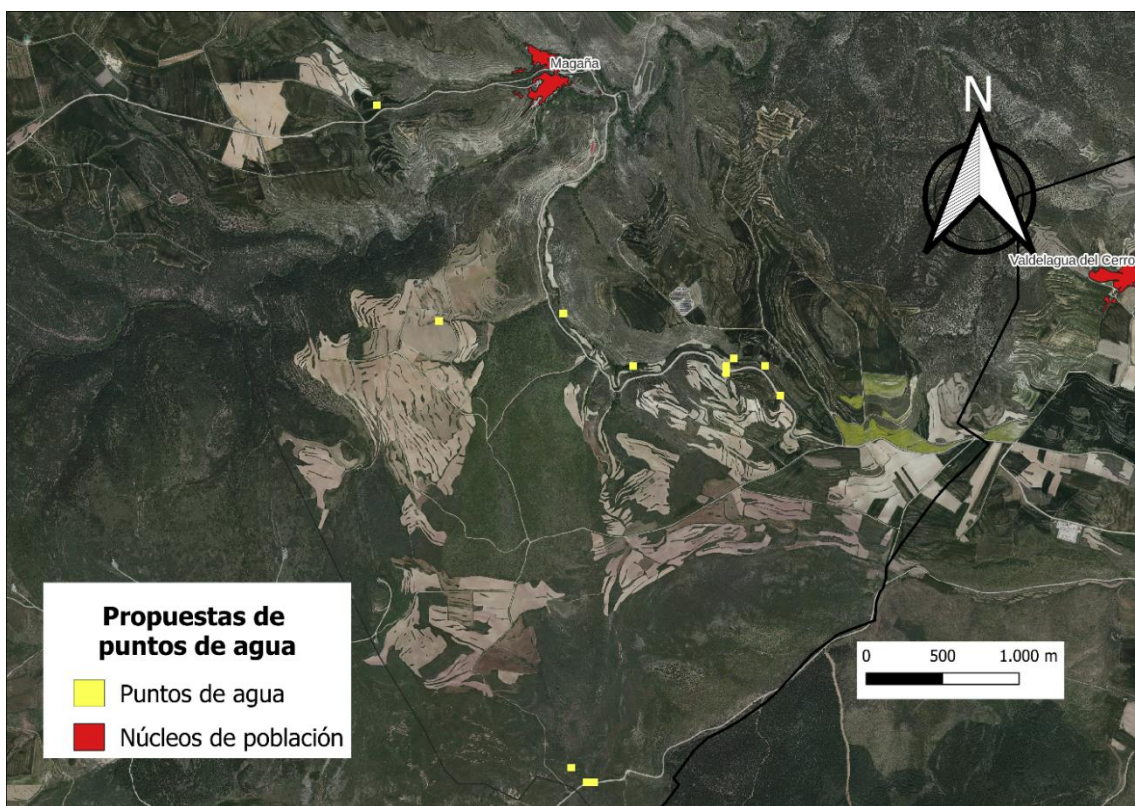


Figura 127. Propuestas de puntos de agua en el municipio de Magaña.

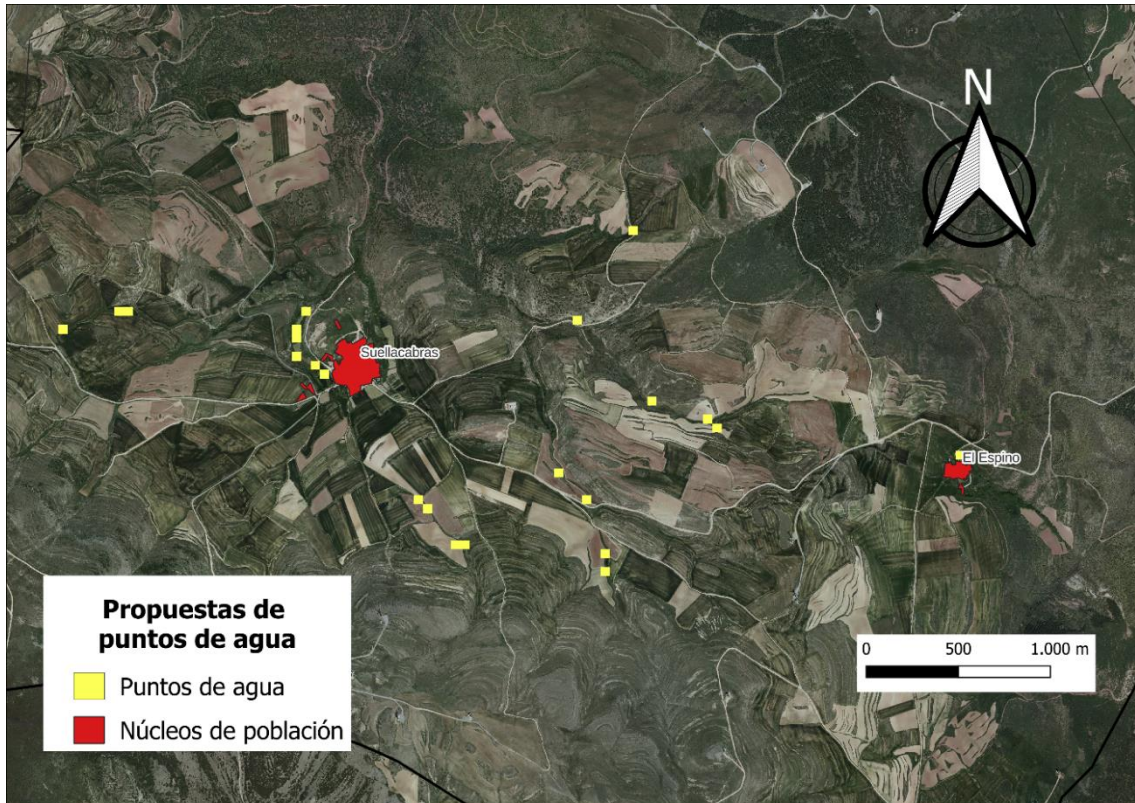


Figura 128. Propuestas de puntos de agua en el municipio de Suellacabras.

## 13 CALENDARIO DE APLICACIÓN DEL PLAN

El horizonte de planificación considerado son 10 años y las actividades propuestas en este documento, podrán ser desarrolladas en los Planes de defensa municipales, en los Planes de emergencia de ámbito local y en los Planes de autoprotección ante incendios forestales y los posteriores proyectos de ejecución.

Según lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil, y en el Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales, *“Las zonas urbanizadas tienen obligación de tener Planes de autoprotección”*

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales, aprobada por el Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, establece la *“obligatoriedad de que todos los municipios con riesgo de incendio forestal se doten de planes de actuación de ámbito local de emergencia por incendios forestales.”*

Estos Planes se deberán de ir redactando conforme las directrices marcadas en el presente Plan. Es recomendable que la redacción de estos Planes esté concluida al finalizar el primer quinquenio de vigencia de este Plan.

Las actuaciones propuestas en este documento servirán de base para el diseño y desarrollo de futuros Planes de actuación de ámbito local de emergencia por incendios forestales y Planes de autoprotección ante incendios forestales y los posteriores proyectos de ejecución en la comarca de Tierras Altas.

Se propone:

- Promover 1 reunión al año por municipio con los diferentes sectores que repercuten en el aumento de la siniestralidad.
- 1 Campaña publicitaria al año en los medios de información locales para concienciar de consecuencias de los incendios forestales.
- 1 taller de educación ambiental al año en los colegios de cada municipio.
- La actuación sobre el 50% de la superficie identificada como candidata para desarrollar áreas de contención. Como objetivo para que los trabajos se desarrollen en el tiempo de forma equilibrada el mínimo de superficie a tratar en un año concreto será el 2.5% del área identificada como adecuada para desarrollar áreas de contención.
- La creación del 100% de las áreas de protección de infraestructuras durante los próximos 10 años. Anualmente se actuará, al menos, en un 5% de la superficie a tratar.
- La creación de áreas estratégicas que ocupen el 10% de la superficie apta para el desarrollo de este tipo de actuación. La mínima superficie a tratar por año será del 1% del total de superficie identificada como candidata para el desarrollo de áreas estratégicas.

- Se propone mejorar el 50% de las pistas seleccionadas durante los próximos 10 años. Cada año, se mejorarán, al menos, un 2.5% de las pistas que necesitan mejoras.
- Construir 3 puntos de agua, uno en cada uno de los municipios (Vizmanos, Magaña y Suellacabras) durante los próximos 10 años. Durante los 5 primeros años se deberá haber creado, al menos, un punto de agua.



## **14 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN**

### **14.1 INDICADORES DE EFICACIA.**

Para evaluar la eficacia del plan se hará un estudio en base al comportamiento de los incendios y el impacto que las actuaciones tuvieron sobre ellos. Se deberá evaluar el comportamiento que tuvieron los incendios y la eficacia de las RAD.

Se deberá de comprobar que ha mejorado la accesibilidad en las pistas en las que se han ejecutado las mejoras.

Se comprobará que los puntos de agua tengan el volumen suficiente para las funciones en la extinción para las que se construyeron y que sean accesibles para los medios de extinción.

### **14.2 PROGRAMAS DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN.**

La revisión del plan será cada 5 años, al finalizar este ciclo se realizará un informe por personal de la Consejería con competencias en materia de incendios forestales en donde se indique el grado de cumplimiento conforme el calendario propuesto, usando como indicadores de ejecución el porcentaje de actuaciones completadas de forma satisfactoria. Se estudiará también el grado de eficacia frente a la defensa contra incendios forestales de las infraestructuras de defensa instauradas, al objeto de valorar la idoneidad de estas.



## 15 BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. López Santalla y M. López García, Los Incendios Forestales en España, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica, 2019.
- [2] J. d. C. d. C. L. M. -. C. d. Agricultura, «Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla La Mancha,» [En línea]. Available: [https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20150323/plan\\_director\\_defensa\\_incendios.pdf](https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20150323/plan_director_defensa_incendios.pdf).
- [3] D. Caballero, Utilización, interpretación y limitaciones, 2019.
- [4] J. Lago Macía, «<http://www.uhu.es/03009/procli/procli0.php>,» [En línea]. Available: <http://www.uhu.es/03009/procli/procli0.php>. [Último acceso: 5 Marzo 2023].
- [5] J. M. G. Gutiérrez, Climatología y ciencias del suelo, Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar, 1994.
- [6] S. Rivas Martínez, Mapa de Series de Vegetación de España, MAPAMA. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, 1987.
- [7] J. Allué, Mapa de Subregiones Fitoclimáticas de España Peninsular y Balear, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 1990.
- [8] F. Elias Castillo y F. Castellvi Sentis, Agrometeorología, Madrid: MAPA/Mundi-Prensa, 1996.
- [9] C. THORNTHWAITE, An approach toward a rational classification of climate., Geographical, 1948.
- [10] ITACYL-AEMET, Atlas Agroclimático de Castilla y León, 2013.
- [11] R. C. Rothermel, A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels., Ogen: USDA Forest Service, 1972.
- [12] J.-R. . Roussel, N. Coops, P. Tompalski, T. Goodbody, A. Meador, J.-F. Bourdon, F. d. Boissieu y A. Achim, An R Package for Analysis of Airborne Laser Scanning (ALS), Environ, 2020.
- [13] R. Hijmans, Raster: Geographic Data Analysis and Modelin, 2023.
- [14] F. Alcasena, A. Ager, Y. Le Page, P. Bessa, C. Loureiro y T. Oliveira, «Assessing Wildfire Exposure to Communities and Protected Areas in Portugal,» *Fire* 2021, 2021.
- [15] M. Finney, de *An Overview of FlamMap Fire Modeling Capabilities*, vol. 41, 2006.

- [16] R. Ruiz-Peinado Gertrudix, Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales: influencia de la silvicultura en los stocks de carbono, 2013.
- [17] G. Montero, R. Ruiz-Peinado y M. Muñoz, Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub>, Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 2005.
- [18] A. Liaw y M. Wiener, Classification and Regression by randomForest., R News , 2002.
- [19] R. C. Team, «R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.r-project.org/>.
- [20] R. Hijmans, «terra: Spatial Data Analysis.,» 2023. [En línea]. Available: <https://CRAN.R-project.org/package=terra>.
- [21] R.-P. Gertrudix, G. Montero y M. Del Rio, de *Biomass models to estimate carbon stocks for hardwood tree species*, Forest systems, pp. 21, 42-52.
- [22] R. Ruiz-Peinado, M. del Rio y G. Montero, de *New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species*, Forest Systems, 2011, pp. 20, 176–188.
- [23] L. Bradshaw y E. McCormick, «FireFamily Plus user's guide, Version 2.0.,» U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station., 2000. [En línea]. Available: <https://www.fs.usda.gov/>.