



Universidad de
Oviedo



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL

Mención en Explotaciones Forestales

Caracterización del riesgo frente a grandes incendios en la interfaz urbano-agrario-forestal en Asturias

Autor: Miguel Quirós Fernández-Villasuso

Tutora: Susana Suárez Seoane

Cotutor: Juan Luis Martín Correa

julio, 2024



Universidad de
Oviedo



Declaración de Originalidad del Trabajo Fin de Grado

D. Miguel Quirós Fernández-Villasuso, estudiante del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Escuela Politécnica de Mieres de la Universidad de Oviedo, declaro bajo mi responsabilidad que:

El Trabajo de Fin de Grado aquí presentado con título “Caracterización del riesgo frente a grandes incendios en la interfaz urbano-agrario-forestal en Asturias” ha sido realizado bajo mi autoría, es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

Para que así conste, firmo la presente declaración.

En Mieres, a 24 de junio de 2024.

Miguel Quirós Fernández-Villasuso



Universidad de
Oviedo



Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores Susana Suárez Seoane y Juan Luis Martín Correa por todo lo aprendido para la realización del TFG, considero que me será realmente útil en mi futuro profesional.

Además, me gustaría agradecer a diferentes personas que me han acompañado en las salidas de campo a Luarca para la recogida y toma de datos. En especial, a mis ya mencionados tutores, pero sin olvidarme de gente cuya ayuda fue fundamental para realizar esta investigación: Bruno Fernández García (Equipo de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico/ TRAGSA), Astrid Lema Jiménez (residente de la zona que nos llevó a los distintos lugares y nos facilitó información sobre lo sucedido), Daniel Pfizer López (Doctorando implicado en el tema que acompañó en alguna salida y me aconsejó sabiamente) y a mi inestimable compañero de carrera Álvaro Rodríguez Gallego (realizando un TFG con objetivos similares al mío, lo que nos hizo compartir salidas de campo para la realización de nuestros trabajos).

Por último, pero no menos importante, me gustaría acordarme de mi familia por apoyarme desde el momento en el que decidí emprender esta carrera, así como de todos los amigos que hice en el transcurso de la misma, que convirtieron todos estos años una etapa inolvidable de mi vida.



Relación del TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Breve justificación: Este trabajo se podría relacionar con 10 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

El tercero, porque la salud humana se relaciona con los peligros asociados a los incendios, incluyendo lesiones y muertes.

El cuarto, porque la investigación y la difusión de conocimientos sobre la prevención y gestión de incendios forestales puede incorporarse en programas educativos para aumentar la conciencia y preparación de las comunidades, así como formar a futuros profesionales en el manejo de emergencias.

El sexto y el 14, pues los incendios forestales pueden afectar a la calidad del agua y una mejor gestión podría ayudar a preservar los ecosistemas marinos al reducir la contaminación por sedimentos y nutrientes.

El octavo, ya que la lucha contra los incendios forestales ayuda a preservar los medios de vida de comunidades que dependen de la agricultura, la silvicultura y el turismo, promoviendo un crecimiento sostenible.

El noveno, pues la investigación y las propuestas de mejora de la normativa en este ámbito son fundamentales para desarrollar soluciones innovadoras y resilientes que protejan las industrias y las infraestructuras críticas.

El 11, porque la gestión del riesgo es esencial para garantizar la seguridad y sostenibilidad de las comunidades que viven en estas áreas. Además, la prevención y gestión de los incendios forestales son medidas claves para la adaptación al cambio climático, lo que toca directamente el objetivo número 13.

Por último, el 15 y 17, ya que la gestión del riesgo de estos incendios contribuye directamente a la conservación de los bosques, la reducción de la desertificación y la protección de la biodiversidad. Para abordar todo esto es necesaria la colaboración entre múltiples actores, incluyendo gobiernos, comunidades, organizaciones no gubernamentales y el sector privado.

Se relacionan todos estos ODS a través de la evaluación y propuesta de mejoras en la normativa y estrategias de manejo del paisaje para aumentar la resiliencia y seguridad frente a incendios, lo cual contribuye a la sostenibilidad y protección de las comunidades y los ecosistemas.



Resumen

El presente estudio se centra en el análisis del riesgo de incendios forestales en las zonas de interfaz urbano-agrario-forestal en el área afectada por el incendio de Foyedo, ocurrido en Asturias en marzo de 2023. Se caracterizaron los rasgos del paisaje en torno a los distintos tipos de entidades de población, analizando factores como la topografía y la vegetación pre-incendio, y se exploraron las relaciones con la severidad del fuego. Además, se hizo un análisis de las infraestructuras afectadas en el incendio y se evaluó la normativa actual vigente en este ámbito de interfaz. La severidad aumentó significativamente desde los anillos internos de la IUAF hacia los externos, asociándose con la variación de la altitud, la pendiente y la insolación, así como con el modelo 8 de combustible (hojarasca bajo arbolado). Las edificaciones más vulnerables frente al fuego fueron aquellas con tejados de madera y ubicadas en laderas con orientación sur y fuerte pendiente, habiendo sido afectadas por radiación o paveseo la mayoría de ellas. Se determinó que tan solo el 16,67% de las infraestructuras estudiadas se encontraban amparadas por la normativa vigente, quedando la mayoría de las edificaciones vulnerables desprotegidas y se sugirieron algunas modificaciones que podrían ser útiles como soporte en la toma de decisiones relacionadas con políticas preventivas en materia de incendios forestales en nuestra región.

Palabras clave: incendio de Foyedo, modelos de combustible, normativa, paisaje, políticas preventivas, severidad del fuego, vulnerabilidad de infraestructuras.

Abstract

This study focuses on the analysis of wildfire risk in wildland-urban-agriculture-forest interface zones in the area affected by the Foyedo fire, which occurred in Asturias in March 2023. Landscape features around the different types of population entities were characterised, analysing factors such as topography and pre-fire vegetation, and relationships with fire severity were explored. In addition, an analysis of the infrastructures affected in the fire was carried out and the current regulations in force in this interface area were assessed. Severity increased significantly from the inner rings of the IUAF to the outer rings, and was associated with variation in altitude, slope and insolation, as well as with fuel pattern (litter under trees). The buildings most vulnerable to fire were those with wooden roofs and located on south-facing, steeply sloping hillsides, most of them affected by radiation or ashes. It was determined that only 16.67% of the infrastructures studied were covered by the current regulations, leaving most of the vulnerable buildings unprotected, and some modifications were suggested that could be useful as support in decision-making related to preventive policies on forest fires in our region.

Keywords: fire severity, Foyedo fire, fuel models, infrastructure vulnerability, landscape, preventive policies, regulations.



Índice

1. Introducción.....	8
2. Objetivos	11
3. Área de estudio: el incendio de Foyedo	11
4. Metodología	14
4.1 Caracterización del paisaje en la IUAF.....	14
4.1.1 Marco metodológico de análisis.....	14
4.1.2 Variables topográficas	16
4.1.3 Modelos de combustible	16
4.1.4 Relación entre la topografía y la vegetación pre-incendio con la severidad en los anillos de la IUAF	20
4.2 Análisis de daños en las infraestructuras afectadas.....	21
4.3 Revisión de la normativa en materia IUAF	22
5. Resultados	22
5.1 Caracterización del paisaje en la IUAF.....	22
5.2 Análisis de daños en infraestructuras afectadas	26
5.3 Revisión de la normativa en materia de IUAF	30
6. Discusión	31
7. Conclusión	32
8. Referencias bibliográficas	33



Índice de figuras

Figura 1: Franjas de actuación según la resolución del 17 de julio de 2023 10

Figura 2: Localización geográfica del incendio de Foyedo en la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias 12

Figura 3: Nivel alto de severidad tras el incendio en herbáceas, arbustos y arbolado (Suárez-Seoane, 2023) 13

Figura 4: Vista aérea tras el incendio 13

Figura 5: Sistema multianillos definido para el incendio en torno a los distintos tipos de entidades de población (Suárez-Seoane, 2023)..... 15

Figura 6: Mapas de orientación y pendiente calculados para el perímetro del incendio con 25 de resolución espacial a partir de datos LiDAR 16

Figura 7: Árbol clasificatorio de los modelos de combustible 18

Figura 8: Mapa de los modelos de combustible generados para el área de estudio 19

Figura 9: Ejemplo de la información que presenta el mapa de los modelos de combustible 19

Figura 10: Modelo de combustible (7) más representativo en el área de estudio 20

Figura 11: Infraestructuras afectadas por el incendio 21

Figura 12: Severidad en función de los anillos definidos en el entorno de la IUAF 23

Figura 13: Variación de las variables topográficas en los anillos de la IUAF 24

Figura 14: Mayoría de los modelos de combustible en los anillos de la IUAF 25

Figura 15: Variedad de los modelos de combustible en los anillos de la IUAF 25

Figura 16: Ejemplos de edificaciones en modelo IUAF tipo A.1 (izquierda) y C.2 (derecha) 26

Figura 17: Gráfico Riesgo IUAF (EPLIFA)..... 26

Figura 18: Condiciones topográficas de las infraestructuras afectadas 27

Figura 19: Características de las infraestructuras afectadas 28

Figura 20: Tipo de ignición y grado de daños en las infraestructuras afectadas 28

Figura 21: Vivienda destruida en Bahinas, Trevías, por exposición directa del fuego 29

Figura 22: Vivienda destruida en Cortina, Trevías, mediante paveseo 29

Figura 23: Edificaciones afectadas contempladas en la norma 30

Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de vegetación afectados por el incendio de Foyedo. Fuente de datos: Mapa Forestal de España (2012) y ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) (Suárez-Seoane, 2023). 14

Tabla 2: Modelos de combustible de Rothermel (Rothermel, 1972) 17

Tabla 3: Porcentajes de los tipos de ignición..... 27



1. Introducción

En la España Atlántica es cada vez más frecuente la prevalencia de grandes incendios forestales con niveles crecientes de severidad, lo que incrementa su peligrosidad para la población y sus bienes, a la vez que compromete la resiliencia de los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan a la sociedad (Sánchez-Molina, 2019). En este escenario, el nivel de riesgo más elevado suele producirse en los complejos entornos socio-ecológicos que configuran las áreas de interfaz urbano-forestal (IUF), donde el fuego supone una amenaza directa para las personas y donde la dificultad en las labores de prevención y extinción es máxima. La IUF es la zona en la que el terreno forestal entra en contacto y se mezcla con zonas edificadas, generándose múltiples interacciones e intercambios entre los subsistemas territoriales social, urbano y forestal (Schug, 2023). La problemática asociada a la presencia de edificaciones en las cercanías de la vegetación supone un reto ambiental en sentido amplio (fragmentación de hábitats, introducción de especies invasoras en espacios naturales, alteración del ciclo hidrológico, etc.). Sin embargo, este término se utiliza preferentemente en el ámbito de los incendios forestales (Martín, 2012). La definición de IUF ha ido evolucionando y cambiando con los años, pero se identifican tres componentes que siempre se han mantenido presentes: la presencia humana, la vegetación y la distancia entre ambos como un riesgo potencial (Stewart, 2007).

Debido a su estructura territorial (localización de las principales aglomeraciones urbanas y características de distribución y dispersión del poblamiento rural), en la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias se considera más apropiado utilizar el concepto de interfaz urbano-agrario-forestal (IUAF). En los paisajes asturianos, la diferenciación entre elementos urbanos, agrarios y forestales no siempre es evidente, llegando al punto de no poder separarlos en algunas ocasiones. Esta circunstancia se ve exacerbada por el abandono del mundo rural ocurrido en los últimos años, que ha contribuido significativamente a homogeneizar el paisaje. Este escenario dificulta además las tareas de extinción en la IUAF, al ser necesario intervenir de forma diferenciada en el entorno rural y en el forestal (Gobierno del Principado de Asturias, 2020). De acuerdo con Tecnomia (2007), los modelos de IUAF más frecuentes actualmente en el Principado de Asturias son: casa aislada en entorno forestal arbolado (A.1), interfaz de pequeña población con arbolado (A.6) y borde de gran población con área forestal arbolada (A.7). La definición de estas tipologías es útil para diseñar políticas y estrategias de gestión adaptadas a las necesidades y características de la región, promoviendo así un desarrollo sostenible y la conservación del patrimonio natural y cultural de la misma.



La IUAF en Asturias enfrenta una problemática significativa, con sus riesgos asociados, especialmente en el contexto de la modificación del régimen de incendios impulsado por factores de transformación global, como son la modificación de usos del suelo (principalmente transformación, abandono e intensificación) y el cambio climático. Algunos de los desafíos clave en la materia son: (i) la transformación de grandes superficies en plantaciones monoespecíficas con especies de crecimiento rápido y alta inflamabilidad; (ii) el abandono de tierras agrarias y forestales que conduce a la acumulación de biomasa, lo que puede aumentar el riesgo de incendios forestales; (iii) la intensificación de la actividad agraria que puede llevar a prácticas que aumenten la exposición a incendios, como el uso de maquinaria capaz de generar chispas; (iv) el cambio climático que puede resultar en condiciones meteorológicas más propicias para incendios forestales, como temperaturas más altas, sequías prolongadas y vientos fuertes; (v) el crecimiento urbano no planificado que puede ocasionar la expansión de zonas habitadas hacia áreas con alto riesgo de incendios; y (vi) la falta de infraestructuras adecuadas para el acceso rápido y la evacuación eficiente que puede dificultar la respuesta de los servicios de emergencia frente a los incendios y poner en peligro la seguridad de la población. Tal y como ha puesto de manifiesto la Estrategia Integral de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales en Asturias (2020-2025), el abandono del medio rural y la proliferación de las plantaciones forestales monoespecíficas con coníferas y eucaliptos en un contexto de cambio climático han propiciado que, en muchas zonas del territorio asturiano, las edificaciones y/o zonas urbanas lleguen a colindar con el monte, provocando de esta manera la desaparición de la franja de terreno agrícola que antiguamente se situaba entre lo forestal y lo urbano. Estas problemáticas aumentan la susceptibilidad y vulnerabilidad del territorio frente a incendios forestales y requieren estrategias integradas de gestión, planificación urbana y medidas de mitigación del riesgo para proteger tanto la vida humana como los ecosistemas.

Respecto al marco legal en vigor en materia de IUAF no existe legislación específica a nivel nacional. Sin embargo, sí que se hace referencia al respecto en el Real Decreto 893/2013, más concretamente en el anexo II, que cita “las especificaciones relativas en los planes de autoprotección por riesgo de incendio forestal de las nuevas edificaciones o instalaciones ubicadas en áreas de interfaz urbano-forestal” y en el apartado 3.5.2.g, en el que se incluye entre las funciones de los planes de actuación municipal “poner en marcha medidas de autoprotección de los núcleos urbanos y edificaciones, encaminadas a evitar el riesgo de interfaz urbano-forestal, a través de la creación y mantenimiento de franjas perimetrales” (Gobierno de España, 2013). Por otra parte, también se contempla este ámbito en el Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales y que introduce algunas modificaciones en el artículo 9 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, como la obligación de los ayuntamientos de identificar las zonas de interfaz (Gobierno de España, 2022).



En el Principado de Asturias, el único instrumento disponible es la Resolución de 17 de julio de 2023, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se aprueban las instrucciones sobre quemas y se establecen medidas de prevención contra incendios en la IUF. De manera específica, en esta resolución se definen criterios de prevención de incendios en las autorizaciones de plantación y se indican las actuaciones de mantenimiento que deben acometer los arrendatarios, propietarios o titulares de montes o terrenos forestales en áreas de colindancia con edificaciones (Figura 1). Finalmente, el artículo 44.3 de la Ley 43/2003 de Montes, de 21 de noviembre, establece que las comunidades autónomas regularán en montes y áreas colindantes el ejercicio de todas aquellas actividades que puedan dar lugar a riesgo de incendio. En particular, regularán la prevención de incendios forestales y las medidas de seguridad en la IUF. Podrán establecer limitaciones al tránsito por los montes, llegando a suprimirlo cuando el peligro de incendios lo haga necesario.

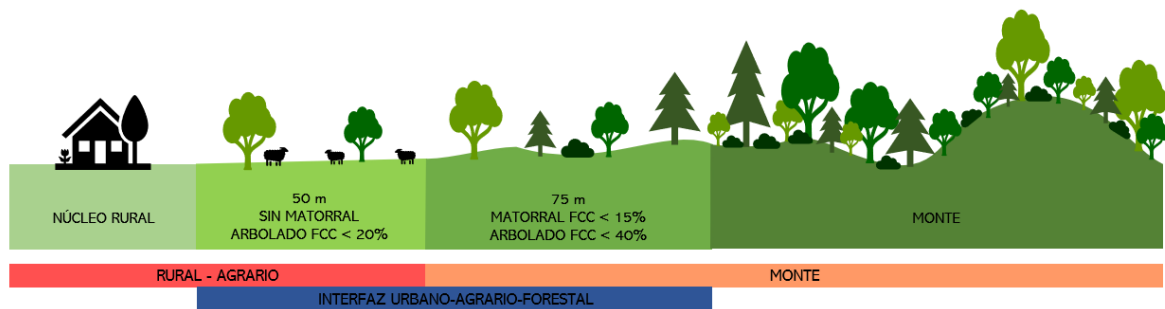


Figura 1: Franjas de actuación según la resolución del 17 de julio de 2023

En primavera de 2023, tuvo lugar el incendio más grande registrado en la historia del Principado de Asturias. El siniestro afectó a más de 10.000 ha, en su mayoría superficie arbolada, incluyendo multitud de núcleos rurales y sus interfaces, que tuvieron que ser, en muchos casos, evacuados o confinados y que sufrieron daños directos en numerosas edificaciones. Dada la relevancia de la situación acontecida y el nivel de riesgo detectado para la población y los recursos naturales, se consideró necesario realizar un estudio sobre la problemática de la IUAF en el área afectada por el incendio, con el fin de identificar los rasgos del territorio más relacionados con la susceptibilidad y vulnerabilidad del paisaje frente a grandes incendios. Asimismo, se estimó oportuno analizar si la normativa existente en materia de interfaz es suficiente para prevenir y/o reducir ese riesgo. La magnitud del incendio fue tal que se considera suficientemente representativo como para poder ser utilizado como caso de estudio y, con ello, obtener algunas claves sobre la gestión de posibles siniestros que ocurran en el futuro. Se espera que este estudio pueda aportar información útil que sirva como soporte en la toma de decisiones relacionadas con políticas preventivas en materia de incendios forestales en nuestra región.



2. Objetivos

El objetivo principal de este TFG es caracterizar los rasgos principales de la IUAF en los núcleos afectados por el incendio de Foyedo, determinando la susceptibilidad y vulnerabilidad del territorio frente al fuego en función de la topografía, las características de la vegetación pre-incendio y el estado de las edificaciones afectadas, en aras a identificar las áreas de mejora de la normativa en vigor.

Los objetivos específicos son:

- Analizar qué rasgos del paisaje en la IUAF (topografía y vegetación pre-incendio) se relacionan con una mayor severidad del fuego y condicionan la susceptibilidad del territorio frente al fuego.
- Inventariar y caracterizar el estado de las construcciones que han sufrido el efecto del incendio, evaluando su vulnerabilidad en función del grado de afectación y del mecanismo de propagación del fuego que ha ocasionado el daño.
- Discutir la idoneidad de la normativa actual en vigor en Asturias en materia de IUAF identificando áreas de mejora y posibles limitaciones en su marco de aplicación.

3. Área de estudio: el incendio de Foyedo

El área de estudio corresponde al perímetro del incendio de Foyedo, ocurrido entre marzo y abril de 2023 en el occidente asturiano (Figura 2). Este siniestro afectó a un total de 10.096 hectáreas repartidas entre los concejos de Tineo (15%) y Valdés (85%), considerándose el incendio de mayor tamaño sufrido en Asturias hasta el día de hoy. El rango altitudinal que abarca la superficie quemada va desde el nivel del mar, en la rasa costera del concejo de Valdés, hasta los 896 metros en las zonas montañosas interiores de Tineo. Las parroquias afectadas por el incendio fueron Luarca, Trevías, Canero, Barcia, Paredes, Santiago y La Montaña, en el concejo de Valdés, y Naraval y Navelgas, en el concejo de Tineo (Suárez-Seoane, 2023).

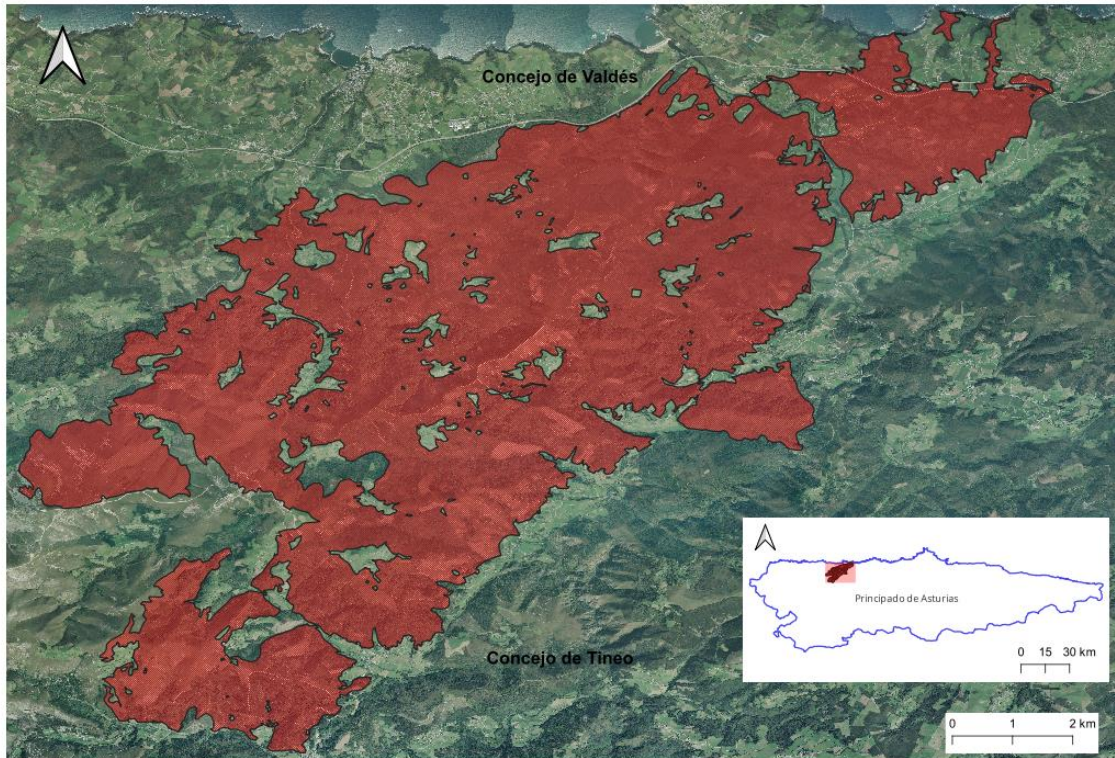


Figura 2: Localización geográfica del incendio de Foyedo en la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias

El fuego empezó la noche del 27 de marzo del 2023, dándose por controlado al día siguiente. Sin embargo, el día 29 se produjo una reproducción, en una jornada en la que se declaró el nivel 2 de la fase de emergencia del Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias (INFOPA) y se solicitó el apoyo de la Unidad Militar de Emergencias (UME). La velocidad de propagación era muy alta debido al fuerte viento que soplaba del suroeste y a los focos secundarios emitidos por el incendio principal, que avanzaba siguiendo un eje suroeste-noroeste. Entre los días 29 y 31 de marzo, el comportamiento del incendio se estructura en tres fases. En la fase 1 (29 de marzo), el incendio presentaba un eje principal de avance de 7 km de longitud, con una dirección suroeste-noreste y un frente entre 500 metros y 1 km. En la fase 2 (30 de marzo), el incendio continuó avanzando en la misma dirección durante más de 14 km, con alrededor de 7.000 ha afectadas por el fuego y una anchura de frente de entre 4 y 6 km, hasta su llegada al mar. En la fase 3 (31 de marzo), el incendio cambió su dirección a la diametralmente opuesta (noreste-suroeste), debido a un cambio en la dirección del viento dominante. El eje de propagación fue de 10 km y la anchura del frente de avance estaba comprendida entre los 700 y los 2700 metros. Aunque el día 31 de marzo el incendio se dio por controlado, el 8 de abril se notificó la existencia de una reproducción, determinándose la extinción definitiva el día 12 de abril. Ver más detalles en Suárez-Seoane (2023).



Figura 3: Nivel alto de severidad tras el incendio en herbáceas, arbustos y arbolado (Suárez-Seoane, 2023)



Figura 4: Vista aérea tras el incendio



El incendio afectó principalmente a superficie arbolada (casi el 80% de la superficie quemada; Figura 3 y Figura 4). Los tipos de vegetación que sufrieron los efectos del fuego fueron, por orden de importancia, plantaciones de aprovechamiento maderero de coníferas, matorrales, bosques de frondosas autóctonas y plantaciones de eucaliptos (Tabla 1).

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Superficie (%)
Plantaciones de coníferas	5583,34	55,3
Matorrales	1845,84	18,28
Bosques de frondosas nativas	1587,51	15,72
Plantaciones de eucaliptos	703,19	6,96
Agrícola	326,76	3,24
Otros	49,48	0,49

Tabla 1: Tipos de vegetación afectados por el incendio de Foyedo. Fuente de datos: Mapa Forestal de España (2012) y ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) (Suárez-Seoane, 2023).

Se quemaron mayoritariamente montes privados individuales. Aunque, de manera total o parcial, también se vieron afectados cinco montes de utilidad pública (MUP), tres de consorcio, un monte comunal y uno proindiviso. Dentro del perímetro del incendio, la recurrencia es alta y se vincula a fuegos de origen antrópico.

4. Metodología

4.1 Caracterización del paisaje en la IUAF

4.1.1 Marco metodológico de análisis

Para el estudio de la susceptibilidad del territorio frente al fuego en la IUAF, se utilizó un marco metodológico basado en un sistema de anillos concéntricos definidos en torno a los distintos tipos de entidades de población, donde se registraron las características del paisaje en áreas de exposición directa e indirecta al fuego. Esta aproximación se planteó de manera preliminar en el informe resultante de la asistencia científico-técnica encargada por el Gobierno del Principado de Asturias (Consejería de Medio Rural y



Cohesión Territorial, Dirección General de Infraestructuras y Montes) a la Universidad de Oviedo (Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad, IMIB) con la finalidad de recopilar información para la valoración inicial de los impactos medioambientales producidos por el gran incendio forestal que afectó a los concejos de Valdés y Tineo en primavera de 2023 (Suárez-Seoane, 2023).

Se establecieron seis niveles en el entorno de cada entidad, siendo los niveles 1 a 4 los que representan la exposición directa de las edificaciones frente al fuego por cercanía de las masas forestales, por lo que la afección se produciría por impacto directo de las llamas o por la radiación cercana. Los niveles 2 y 3 presentan correspondencia con las franjas de 50 y 125 metros consideradas en la Resolución de julio de 2017. Los niveles 5 y 6 reflejan la exposición indirecta de las edificaciones frente a la llegada de pavesas proyectadas desde las masas forestales presentes en estos anillos periféricos (Figura 5).

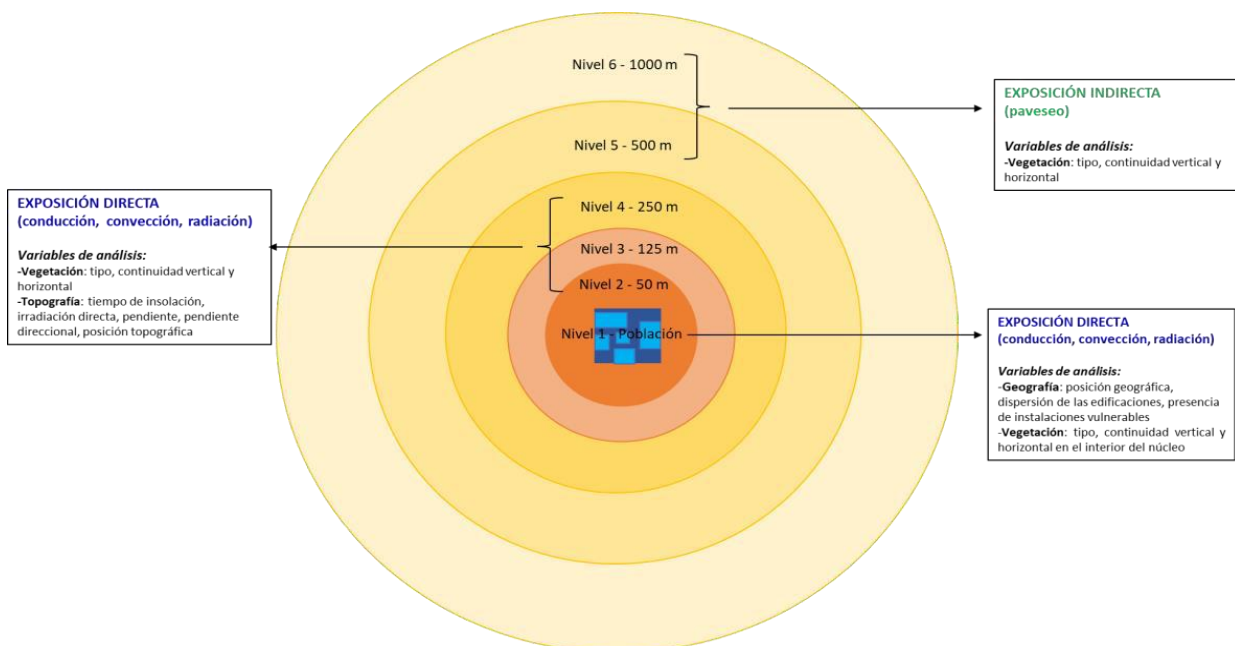


Figura 5: Sistema multianillos definido para el incendio en torno a los distintos tipos de entidades de población (Suárez-Seoane, 2023)

Los anillos se definieron en torno a todas las edificaciones presentes en el área afectada por el incendio de Foyedo, considerándose, además, un buffer de 500 metros alrededor del perímetro del fuego con la finalidad de evitar el efecto borde en los análisis posteriores. Se obtuvo un total de 3.290 anillos que se utilizaron subsecuentemente para caracterizar el paisaje de la IUAF.

4.1.2 Variables topográficas

A partir de datos LiDAR (Light Detection and Ranging) del Plan de Ortofotografía Aérea (LIDAR-PNOA, 2015), correspondientes a la segunda cobertura que garantiza una densidad de 0,5 puntos/m², se generó un modelo digital del terreno con 25 metros de resolución espacial (MDT25). Los archivos LiDAR se obtuvieron en el centro de descargas del CNIG, conformando un mosaico de 11 x 12 que abarcase el perímetro del incendio más un buffer de 500 metros para evitar el efecto borde. Estos datos vectoriales se procesaron por medio de algoritmos orientados a mediciones forestales (Ortiz-Reyes, 2015) utilizando el programa FUSION. Este es un software libre desarrollado para la Pacific Northwest Research Station del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (McGaughey, 2012), que proporciona un entorno de visualización 3D para el examen y la valoración de los datos geoespaciales.

A partir del MDT25 se prepararon las siguientes variables topográficas: altitud, pendiente (en porcentaje), orientación (reclasificada en nueve categorías para evitar los problemas de análisis derivados de su carácter circular), insolación y posición en la ladera (Figura 6). Se utilizó el programa QGIS 3.28 (QGIS.org, 2024).

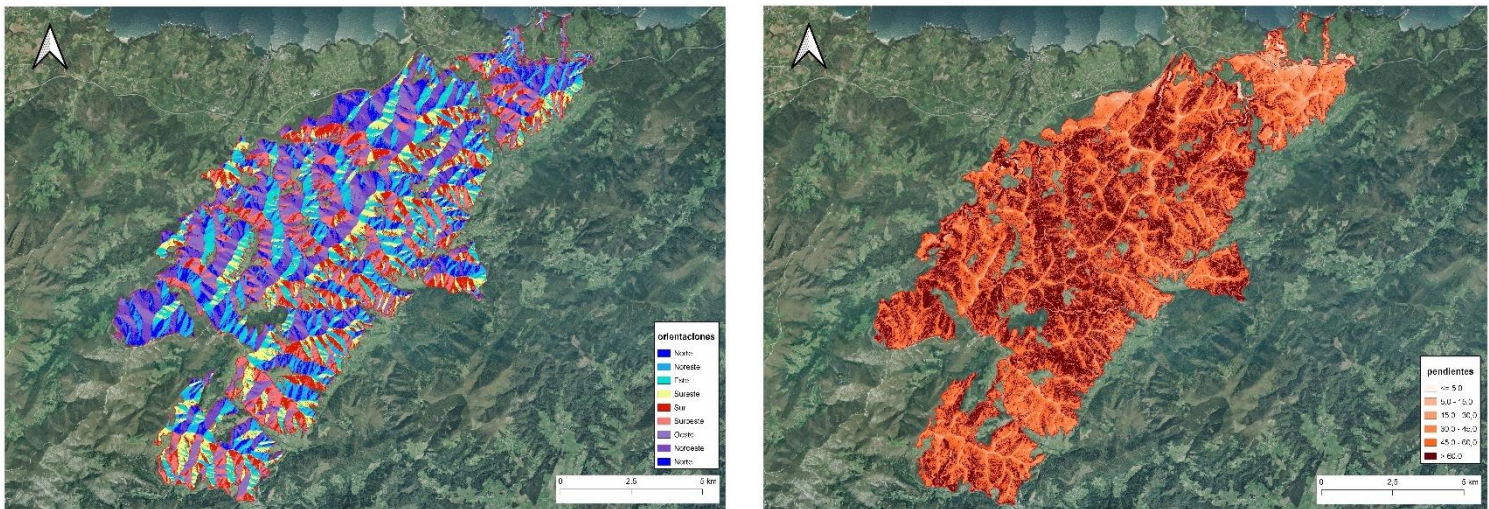


Figura 6: Mapas de orientación y pendiente calculados para el perímetro del incendio con 25 de resolución espacial a partir de datos LiDAR

4.1.3 Modelos de combustible

Con el fin de evaluar las características de la vegetación pre-incendio en el área afectada por el incendio, se elaboró una cartografía de modelos de combustible según la clasificación de Rothermel (Rothermel, 1972), revisada por Anderson (Anderson, 1982) y Albin (Albin, 1976). De acuerdo con esta clasificación se identifican cuatro grupos de modelos combustibles (pastos, matorrales, hojarasca bajo arbolado y restos de corta)



que se clasifican en función de la propagación del fuego, más que por la cantidad de biomasa quemada (Tabla 2). Aunque esta clasificación se ajusta bien a la realidad y la comunidad científica reconoce de manera sólida su utilidad, es necesario destacar que, en el norte de España, podría presentar algún desajuste por las características climáticas y geográficas particulares de esta región.

GRUPO	MODELO COMBUSTIBLE	DESCRIPCIÓN DEL MODELO
PASTOS	1	- Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. - Pueden aparecer algunas plantas leñosas dispersas ocupando menos de 1/3 de la superficie.
	2	- Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. - Las plantas leñosas dispersas cubren de 1/3 a 2/3 de la superficie, pero la propagación del fuego se realiza por el pasto.
	3	- Pasto grueso, denso, seco y alto (> 1m). - Puede haber algunas plantas leñosas dispersas. - Los campos de cereales son representativos de este modelo.
MATORRAL	4	- Matorral o plantación joven muy densa; de más de 2m. de altura; con ramas muertas en su interior. - Propagación del fuego por las copas de las plantas.
	5	- Matorral disperso, denso y verde, de menos de 1m. de altura. - Propagación del fuego por la hojarasca, el pasto, las ramillas y el matorral.
	6	- Parecido al modelo 5, pero con especies más inflamables, de mayor talla, pudiéndose encontrar ramas gruesas en el suelo. - Propagación del fuego con vientos moderados a fuertes.
	7	- Matorral de especies muy inflamables; de 0,5 a 2m. de altura, situado como sotobosque en masas de coníferas.
HOJARASCA BAJA Y ARBOLADO	8	- Bosque denso, sin matorral. - Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta, formada por acículas cortas (5 cm o menos) o por hojas planas no muy grandes.
	9	- Parecido al modelo 8, pero con hojarasca menos compacta, formada por acículas largas y rígidas (P. pinaster) o follaje de frondosas de hojas grandes y rizadas (castaño o robles).
	10	- Bosque con gran cantidad de leña y árboles caídos, como consecuencia de vendavales, plagas intensas, etc.
RESTOS DE CORTA Y OPERACIONES SELVÍCOLAS	11	- Bosque claro y fuertemente aclarado. Restos de poda o aclarado ligeros (diámetro <7,5cm) - Restos de poda o aclareo dispersos, con plantas herbáceas rebrotando. - La hojarasca y el matorral presente ayudarán a la propagación del fuego.
	12	-Predominio de los restos sobre el arbolado. -Restos de poda o aclareo cubriendo todo el suelo, más pesados que los del mod.11
	13	-Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, cubriendo todo el suelo.

Tabla 2: Modelos de combustible de Rothermel (Rothermel, 1972)

La cartografía de modelos de combustible se elaboró siguiendo una metodología similar a la utilizada en CETEMAS (2019), a partir de tecnología LiDAR, y permite asignar a cada píxel del territorio el modelo de combustible dominante. Se utilizó el MDT25 generado anteriormente a partir de datos LiDAR y, a continuación, se hizo otro modelo digital del terreno con una resolución espacial de 2 m (MDT2m) para normalizar los datos estadísticos. Para cada píxel se obtuvo un conjunto de estadísticos relativos a la estructura de la vegetación: (i) elevación media (indicador de la altura de la vegetación) y porcentaje de primeros retornos por encima de 0,5 m de altura (indicador de la Fracción de Cobertura Cubierta FCC del matorral) para los modelos de matorral; (ii) porcentaje de primeros retornos por encima de 0,5 (medida de la FCC total) y el percentil

90 (indicador de la altura) para los modelos de arbolado. Por último, para definir el tipo de vegetación existente en cada píxel se utilizó el Mapa Forestal Español, proporcionado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2012), disponible a una escala 1:25.000 (MFE25), realizándose una reclasificación de los tipos originales y asignando valores según las agrupaciones de los modelos de Rothermel. Se combinaron los estadísticos LiDAR con el MFE25 reclasificado y, mediante selecciones condicionales, se asignó a cada celda su valor en función del árbol clasificatorio representado en la Figura 7. No se pudo discriminar entre los modelos de hojarasca (8, 9 y 10), por lo que a todos ellos se les asignó el valor 8 (Ramírez, 2013). El mapa final de modelos de combustible se representa en la Figura 8. Por último, en la Figura 9 se muestra un ejemplo de la información que contiene el mapa. El tipo de modelo más representativo del área de estudio es el 7, que en una ortofoto se vería de la siguiente manera (Figura 10):



Figura 7: Árbol clasificatorio de los modelos de combustible

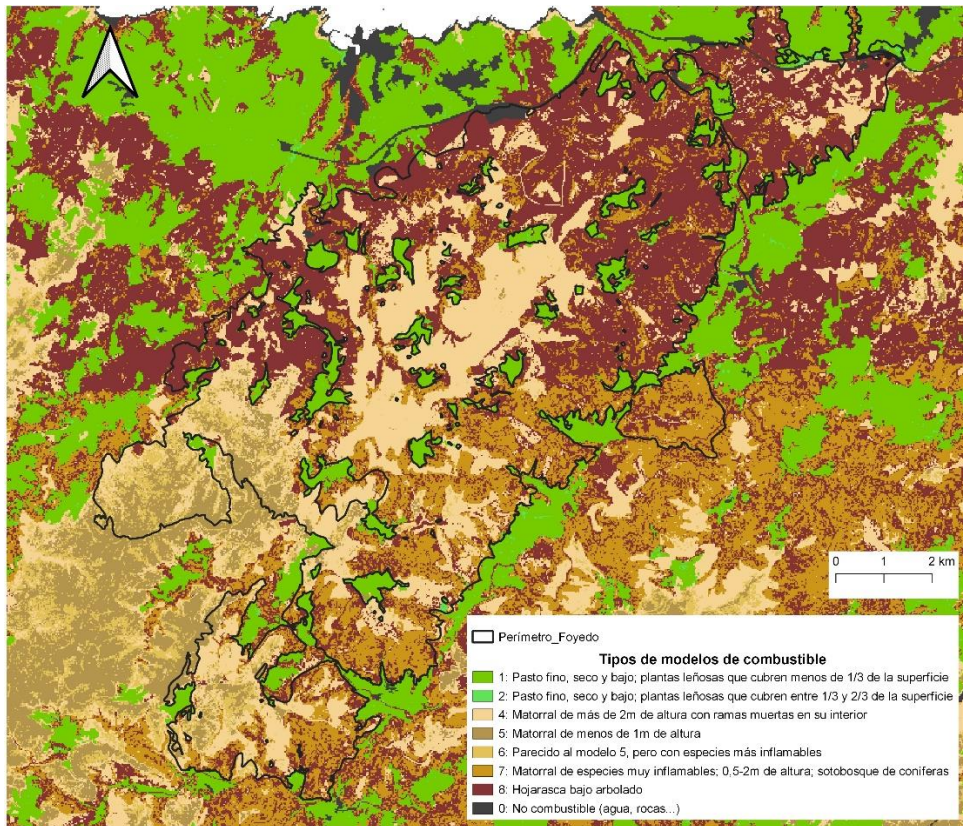


Figura 8: Mapa de los modelos de combustible generados para el área de estudio

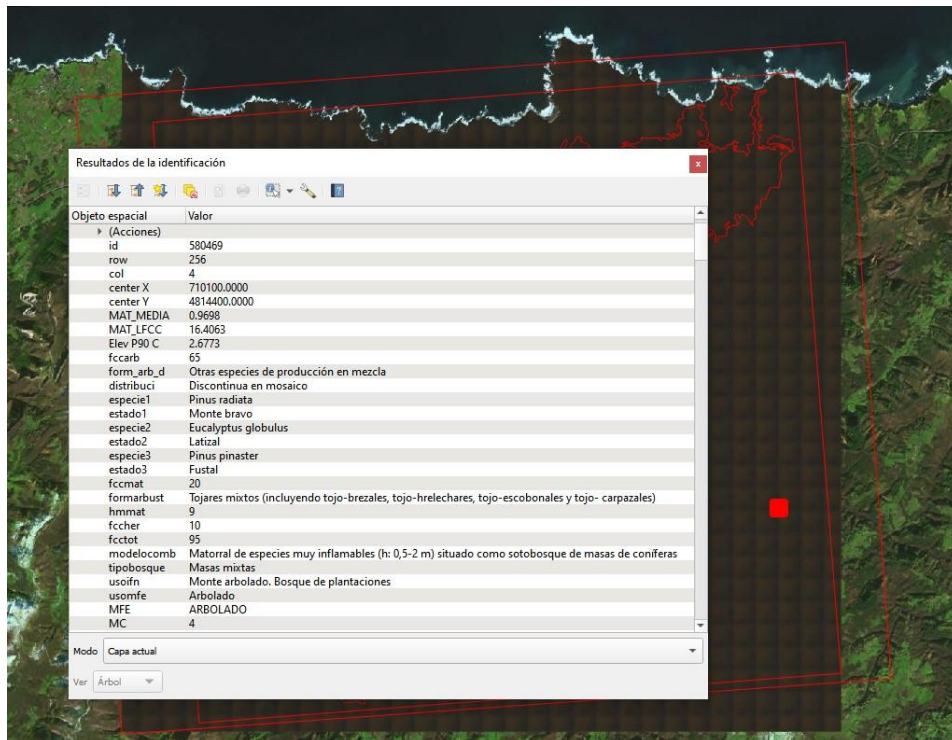


Figura 9: Ejemplo de la información que presenta el mapa de los modelos de combustible

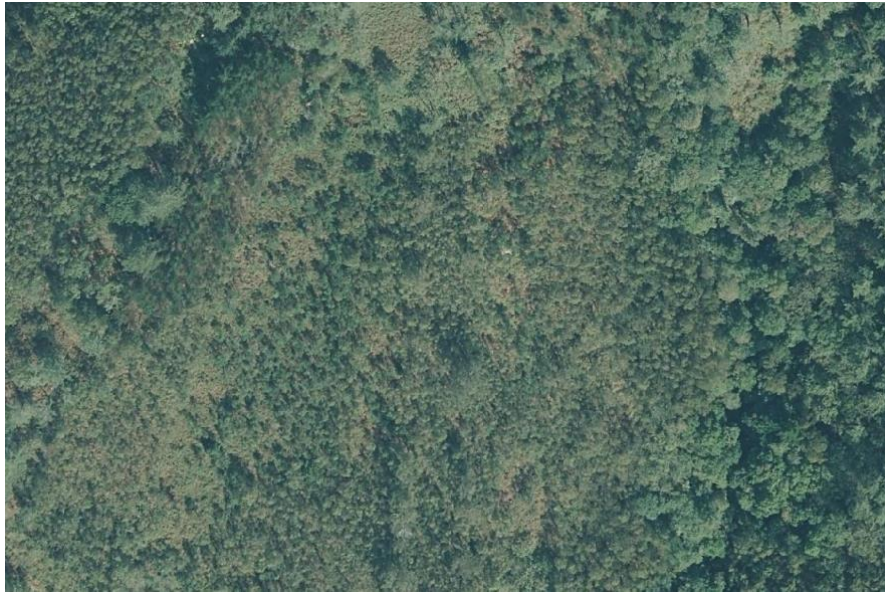


Figura 10: Modelo de combustible (7) más representativo en el área de estudio

4.1.4 Relación entre la topografía y la vegetación pre-incendio con la severidad en los anillos de la IUAF

El análisis de la severidad de los incendios y de los factores que la condicionan es un requisito fundamental para una evaluación adecuada de la regeneración post-incendio (UNEP, 2022). Según (Keeley, 2009) el concepto de severidad (fire severity) se refiere a la pérdida de materia orgánica tanto sobre como bajo el suelo ocasionada por el paso del fuego. Los impactos ecológicos inducidos por el fuego pueden evaluarse siguiendo distintos enfoques, a menudo complementarios, entre los que se encuentran el análisis directo en campo (ej. índice compuesto de severidad CBI; Key & Benson, 2006) y la evaluación mediante técnicas de teledetección, midiéndose la severidad con índices espectrales (como dNBR o RBR) derivados de imágenes de satélite. En el caso de los estudios en campo, estos indicadores evalúan la severidad inicial (inmediatamente después del incendio) o extendida (un año después del incendio). Utilizan escalas semicualitativas, que van desde no quemado hasta severamente quemado, para calificar los impactos del fuego en la vegetación y el suelo. Por su parte, las técnicas de teledetección han surgido como poderosas herramientas que permiten la evaluación y cuantificación de los impactos inducidos por el fuego en grandes áreas (Veraverbeke, 2012). En este estudio se utilizaron las estimas de severidad realizadas en Suárez-Seoane (2023) a partir de dos imágenes capturadas por el satélite Sentinel-2 (órbitas A y B) correspondientes a los días inmediatamente anterior y posterior al incendio, en función de la disponibilidad de productos con baja nubosidad. Se utilizó el índice RBR dado que presenta una estabilidad demostrada en áreas de baja cobertura vegetal y ofrece, potencialmente, un buen desempeño en paisajes heterogéneos.



Con la finalidad de conocer si la severidad media y su variación (SD) difirieron de manera significativa a lo largo de los anillos de la IUAF, se realizó un análisis ANOVA (Zubcoff, 2021). A continuación, para determinar cómo la topografía y la vegetación pre-incendio se relacionaron con la severidad del fuego en la IUAF, se extrajeron los valores de las siguientes variables para cada anillo definido en el apartado 4.1 (Figura 3): altitud (media y SD), pendiente (media y SD), insolación (variedad y mayoría), tipo de combustible (variedad y mayoría) y severidad del fuego (media y SD). Se utilizó el programa QGIS 3.28 (QGIS.org, 2024) (herramienta “estadísticas de zona”). Después, se representó la variación espacial de estas variables a través de los anillos en RStudio (RStudio, 2020).

4.2 Análisis de daños en las infraestructuras afectadas

El inventariado de las edificaciones afectadas se realizó mediante trabajo de campo. Se visitaron 30 edificaciones dañadas por el incendio de Foyedo (Figura 11), acompañando al personal de la EPRIF encargado de la toma de datos. En cada visita, se geolocalizaron con GPS las construcciones, identificándose el tipo de modelo de interfaz y su riesgo asociado en función de la vegetación presente en el entorno, de acuerdo con Tecnomia (2007). Asimismo, se caracterizó el riesgo de cada edificación según la EPLIFA (Gobierno del Principado de Asturias, 2020) y se analizaron los rasgos topográficos y las características de las construcciones afectadas. Finalmente, se identificó el grado de afección, el impacto del fuego y su mecanismo de incidencia.

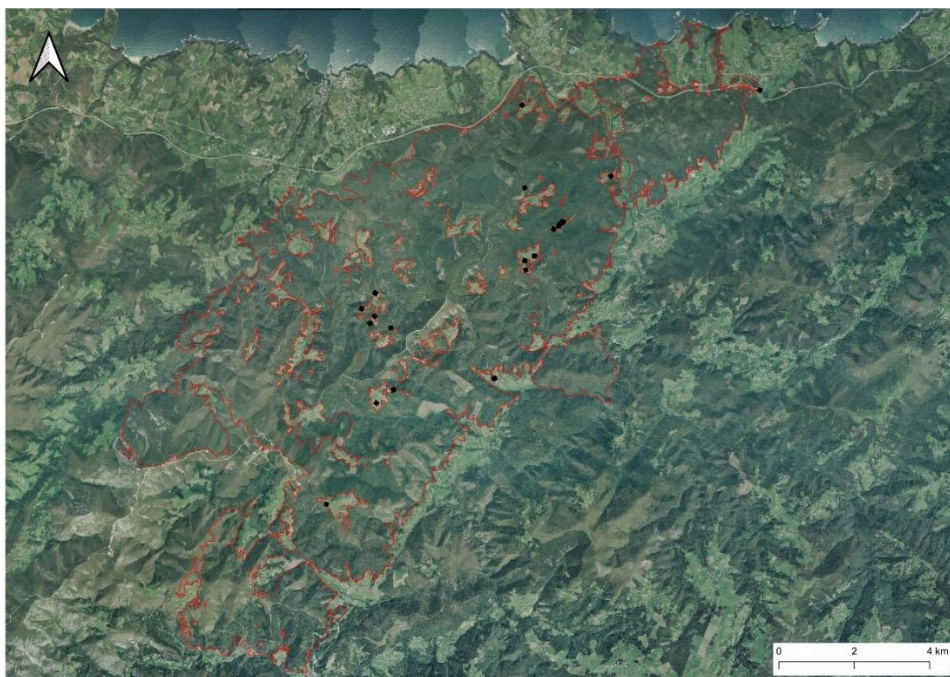


Figura 11: Infraestructuras afectadas por el incendio



Al no disponer de referencias directas, se hicieron una serie de deducciones lógicas conforme a otras situaciones similares ocurridas en el pasado e información aportada por los vecinos y conocidos de la zona, teniendo en cuenta detalles como los adosados a la vivienda, el combustible existente en los dos primeros metros que la rodean, en los 10 siguientes y demás factores con los que se caracteriza la causa supuesta. Por ejemplo, si no hay combustibles alrededor de la vivienda ni en el anillo de dos metros ni en el de 30 metros, se extrae como conclusión que el incendio ha afectado a la infraestructura mediante paveseo directo o a través de alguna sustancia próxima que haya actuado como combustible y propagado el fuego. Para conocer con certeza el tipo de ignición se necesita cierta información y conocimiento del que actualmente no se dispone. Por ello, se indican las causas supuestas en cada caso. En ocasiones de forma única con una elevada probabilidad, pero en otras no tan claramente por lo que se apuntan diversas posibilidades.

4.3 Revisión de la normativa en materia IUAF

Con la finalidad de discutir la idoneidad de la normativa existente, se realizó una catalogación del suelo, pues solo están contempladas en la norma aquellas edificaciones que se encuentran en un núcleo rural, en suelo urbano o urbanizable (Resolución del 17 de julio, 2023). Para ello, se estudió la cartografía urbanística de las viviendas afectadas y se descargaron las capas del Visor del Registro de Planeamiento y Gestión Urbanística del Principado de Asturias. Estos datos se cargaron en QGIS 3.28 (QGIS.org, 2024), junto a la capa de las edificaciones afectadas por el incendio, pudiendo así ver qué porcentaje de ellas se encontraban dentro de estas entidades urbanísticas contempladas en la norma. De esta forma, se valoró si la normativa actual es lo suficientemente completa o si, por el contrario, existen casos en los que no está siendo efectiva y debería replantearse.

5. Resultados

5.1 Caracterización del paisaje en la IUAF

Tanto la severidad media ($F=94.65$, $p<0.001$, $df=5$) como su variación ($F=166.1$, $p<0.00$, $df=5$) aumentaron de manera significativa desde los anillos internos hacia los externos (Figura 12). En los anillos internos, la afección fue muy baja, ya que estas zonas quedaron fuera del impacto directo del incendio por la estructura del paisaje y por las acciones de defensa contra el fuego aplicadas por el servicio de emergencias. Además, en estos anillos el riesgo de sufrir focos secundarios por pavesas es bajo, aunque esto depende del tipo de vegetación presente en los anillos más exteriores.

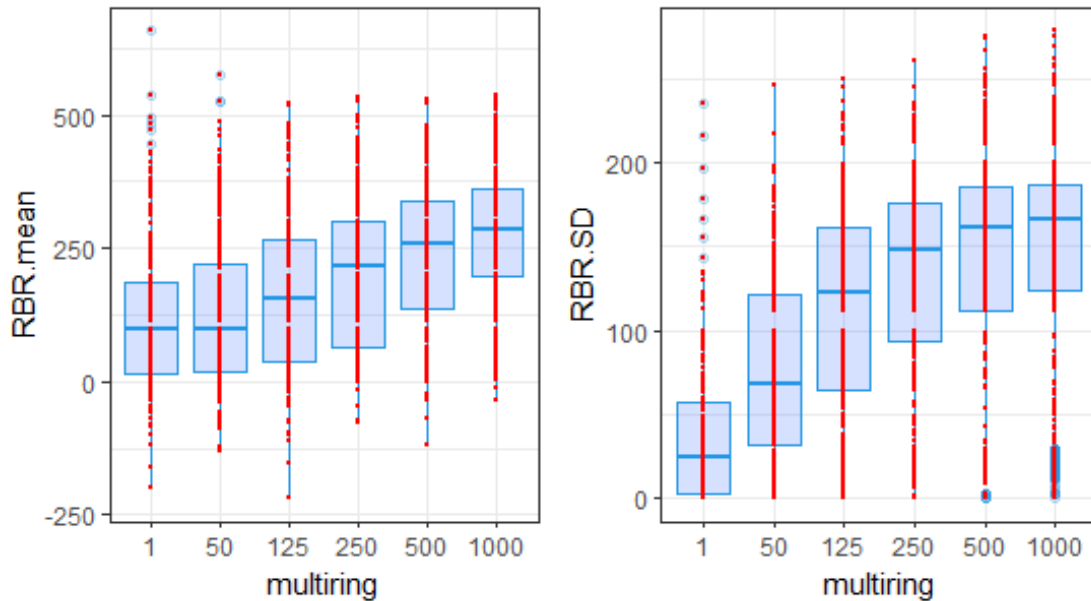


Figura 12: Severidad en función de los anillos definidos en el entorno de la IUAF

Respecto a los rasgos topográficos de la IUAF y su variación a lo largo del sistema multianillo definido alrededor de las entidades de población, la altitud media se mantuvo prácticamente constante a lo largo de los anillos. Sin embargo, la desviación estándar de esta variable fue muy notable al alejarse de la entidad de población, asociándose con un aumento en la severidad (Figura 13 a, b). La pendiente media fue menor en las zonas donde se asienta la población que en el resto de los anillos, manteniéndose en estos últimos bastante homogéneas tanto la media como la dispersión (Figura 13 c, d). Por último, en el caso de la insolación del terreno se percibe un ligerísimo incremento hacia los anillos más externos, unido a una mayor variación de dicha característica en las zonas más alejadas de la población (Figura 13 e, f). Visualmente, la variación (SD) de la altitud, la pendiente y la insolación parecen estar más relacionados con la severidad del fuego que los valores promedio de estas variables topográficas. La altitud media no parece tener ningún efecto sobre el impacto del fuego.

En cuanto a los tipos de combustibles pre-incendio, se percibe claramente cómo en las entidades poblacionales y en los anillos más internos, el modelo que prevalece es el número 1 (pastos finos, secos y bajos). A medida que se avanza hacia los anillos más externos, va aumentando la importancia y aparición de otros tipos de modelos, siendo más frecuente el modelo 8 (hojarasca bajo arbolado), que sería el más relacionado con la severidad en la IUAF. Es importante destacar que estos son los modelos dominantes en cada anillo, pero no los únicos, aumentando la variabilidad de forma lineal al movernos hacia los anillos más exteriores, donde la variedad alcanza hasta siete modelos de combustible diferentes (Figura 14 y Figura 15).

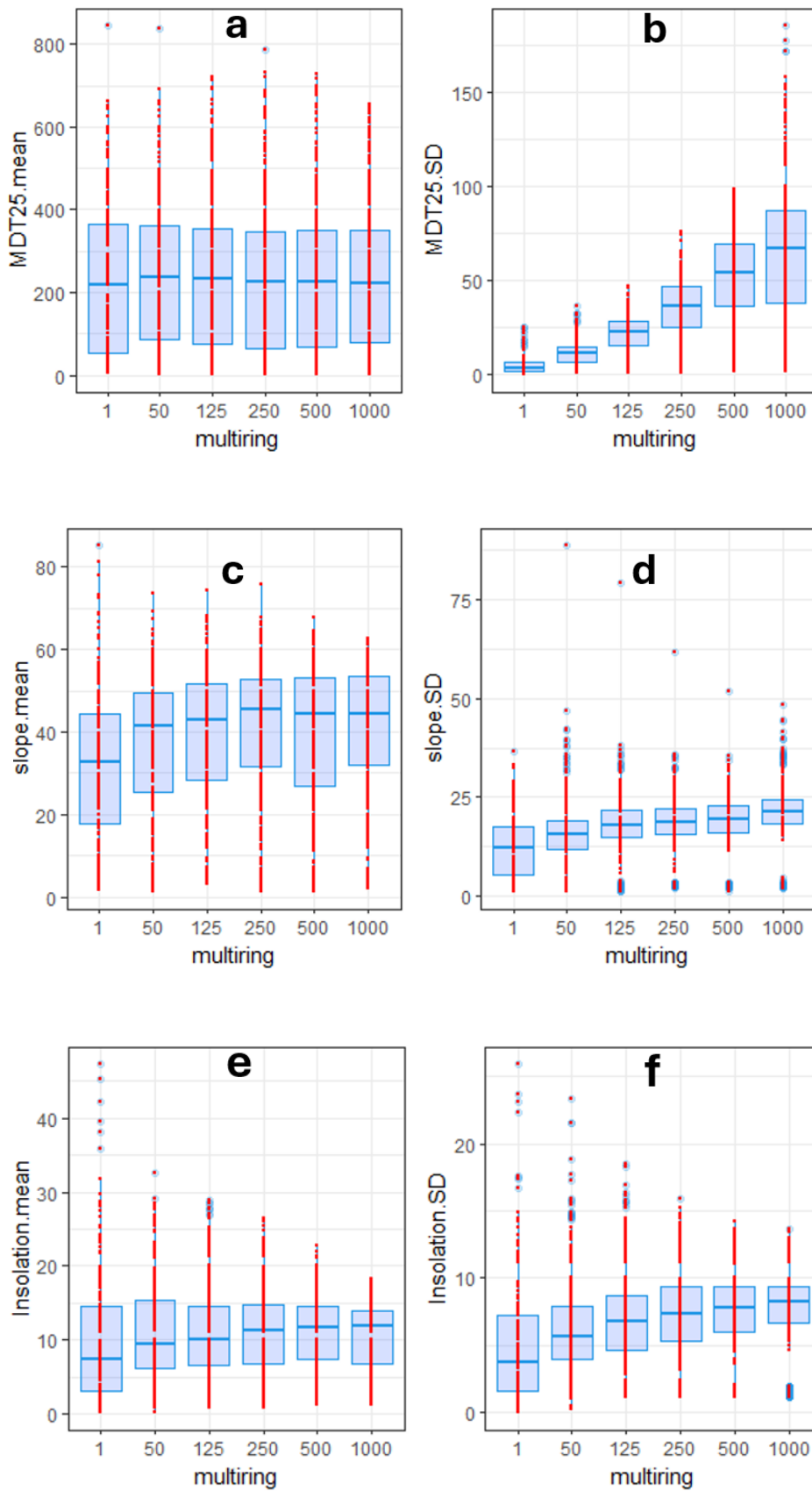


Figura 13: Variación de las variables topográficas en los anillos de la IUAF

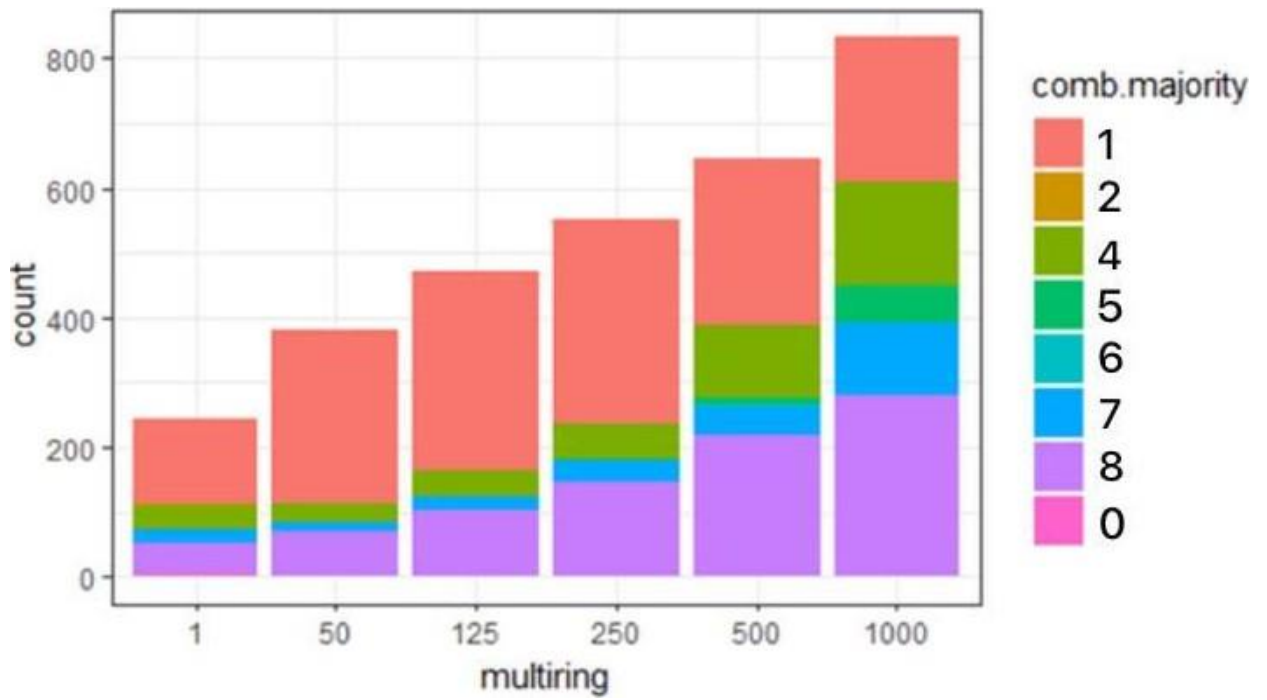


Figura 14: Mayoría de los modelos de combustible en los anillos de la IUAF

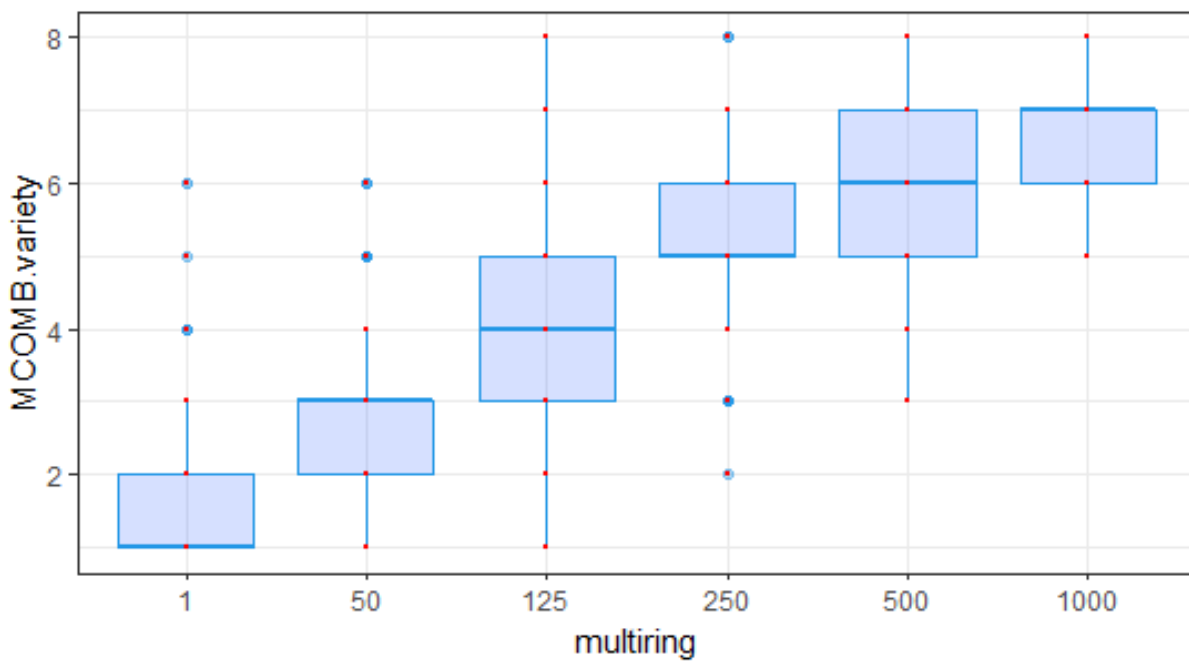


Figura 15: Variedad de los modelos de combustible en los anillos de la IUAF



5.2 Análisis de daños en infraestructuras afectadas

De las 30 edificaciones visitadas, 13 se correspondieron con un modelo de interfaz tipo A.1 (casa aislada en entorno forestal arbolado) con riesgo alto de incendio y 17 con un modelo C.2 (diseminado en área forestal con faja de agricultura, “modelo gallego”) con un riesgo medio (Figura 16).

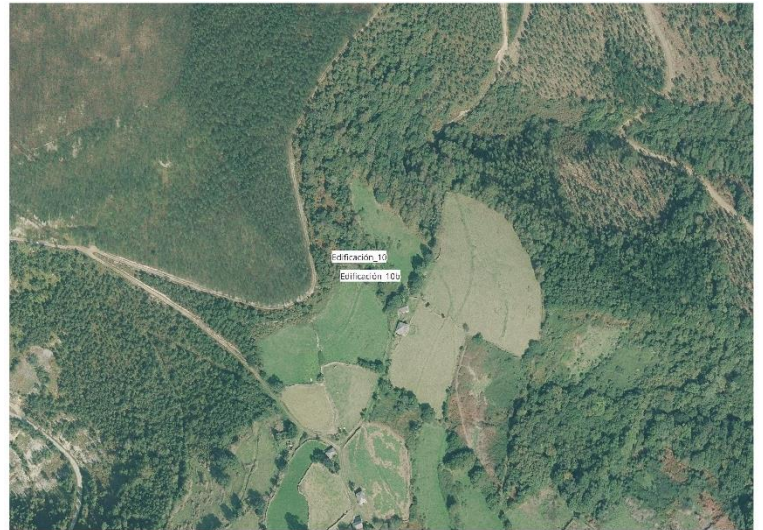


Figura 16: Ejemplos de edificaciones en modelo IUAF tipo A.1 (izquierda) y C.2 (derecha)

De acuerdo con la EPLIFA, 13 edificaciones se podrían considerar en situación de riesgo medio, sin llegar nunca a valores extremos. Las edificaciones restantes no se identificaron en el análisis de IUAF, pues no reunían las condiciones necesarias a tener en cuenta en el marco de análisis establecido antes de hacer el estudio, por lo que no tienen ninguna valoración del riesgo (Figura 17).

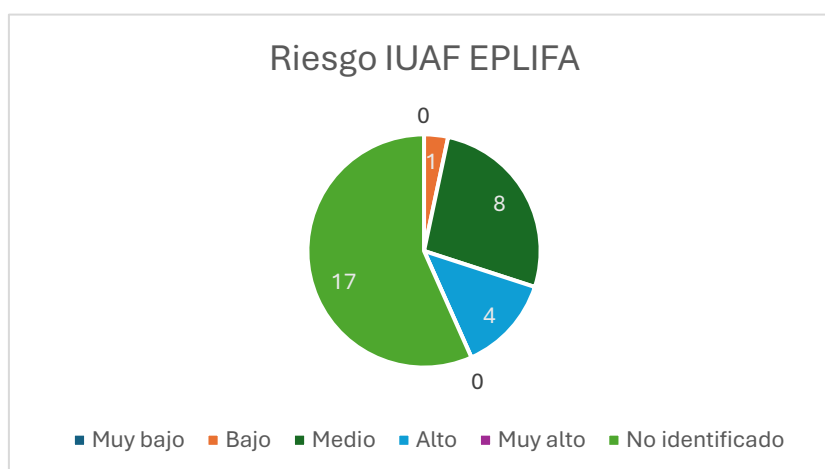


Figura 17: Gráfico Riesgo IUAF (EPLIFA)



La mayoría de las construcciones dañadas se situaron en zonas con fuerte pendiente, orientación sur y posición a media ladera (Figura 18). Muchas de las estructuras afectadas tenían un tejado de madera. Sin embargo, edificaciones supuestamente resistentes al impacto del fuego resultaron totalmente destruidas, esto se debió a que los límites de tolerancia de los materiales, la propagación interna del fuego, los puntos débiles en la estructura, la duración del incendio y los efectos secundarios del fuego, hacen que esta resistencia eventualmente sea superada si el incendio es lo suficientemente intenso y prolongado, por lo que la resistencia de la fachada solo supone un retraso al efecto del fuego y no una solución definitiva. La determinación de lo que es deshabilitado, ocasional o permanente puede ser subjetiva e inexacta, se define en función de la información disponible y del estado aparente de las estructuras (Figura 19).

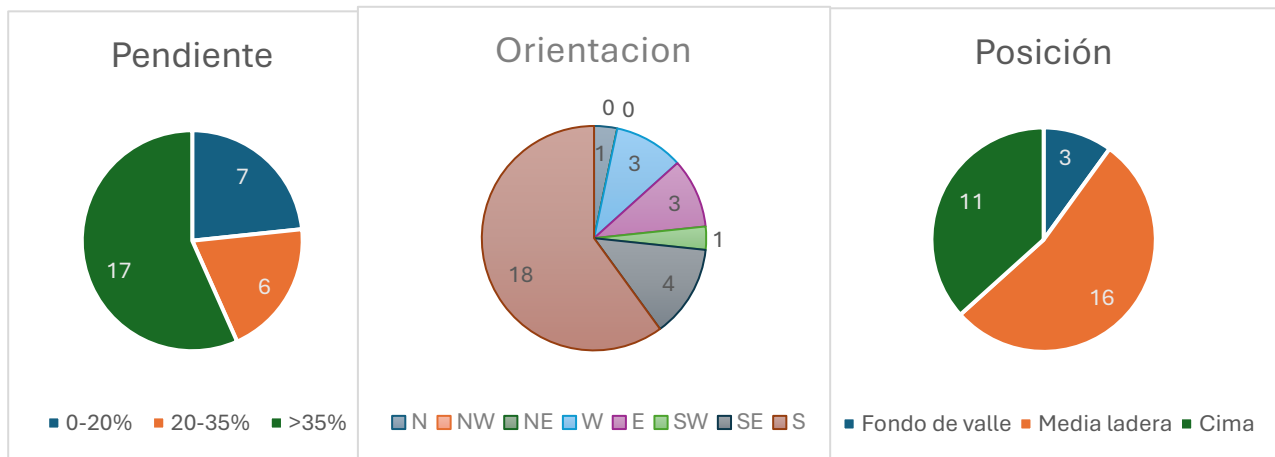


Figura 18: Condiciones topográficas de las infraestructuras afectadas

Como se puede apreciar en la Figura 20, la mayoría de las infraestructuras se vieron afectadas por paveseo o radiación, provocando casi en la totalidad de ellas la destrucción total de la estructura. Más concretamente los tipos de ignición se repartieron de acuerdo con la Tabla 3.

Paveseo	Impacto directo frente	Radiación cercana	Paveseo/radiación	Paveseo/impacto	Impacto/radiación	Desconocido
60 %	0 %	6,67 %	16,67 %	0 %	13,33 %	3,33 %

Tabla 3: Porcentajes de los tipos de ignición

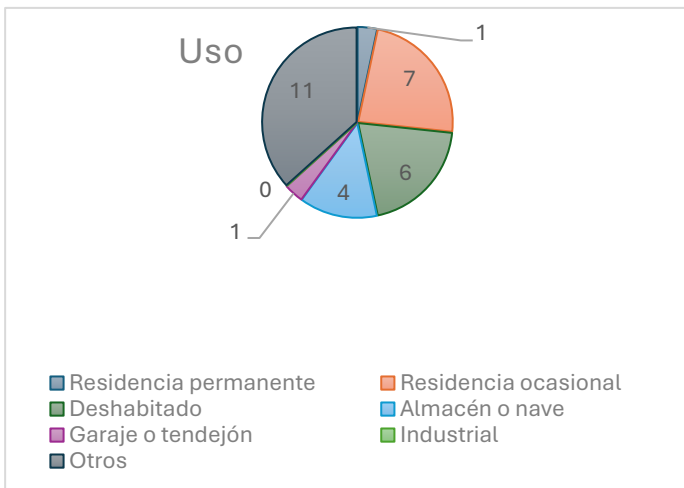
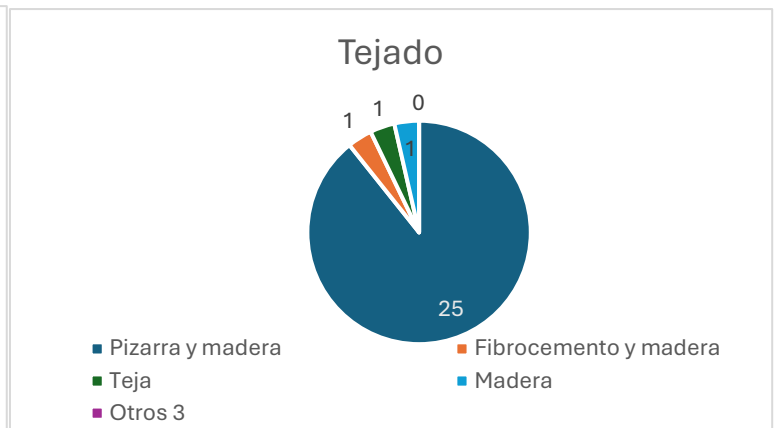
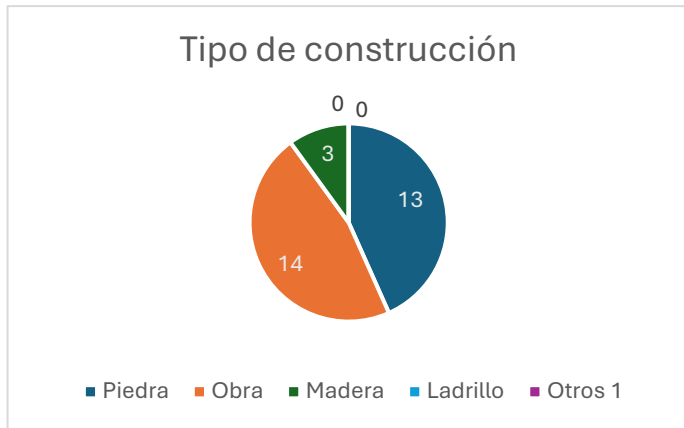


Figura 19: Características de las infraestructuras afectadas

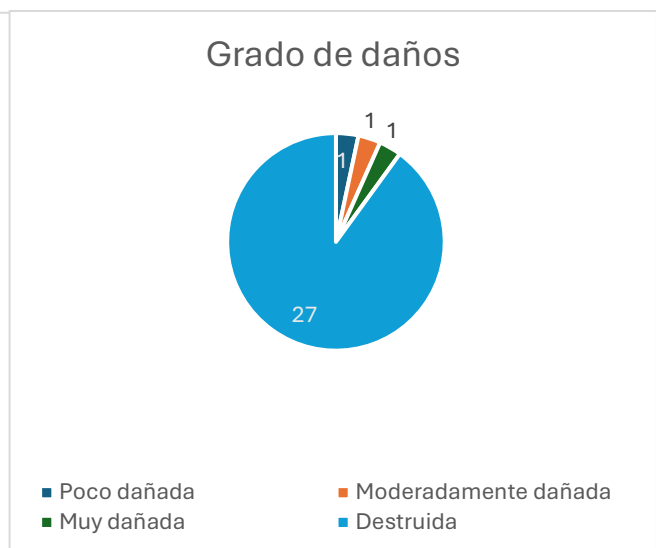
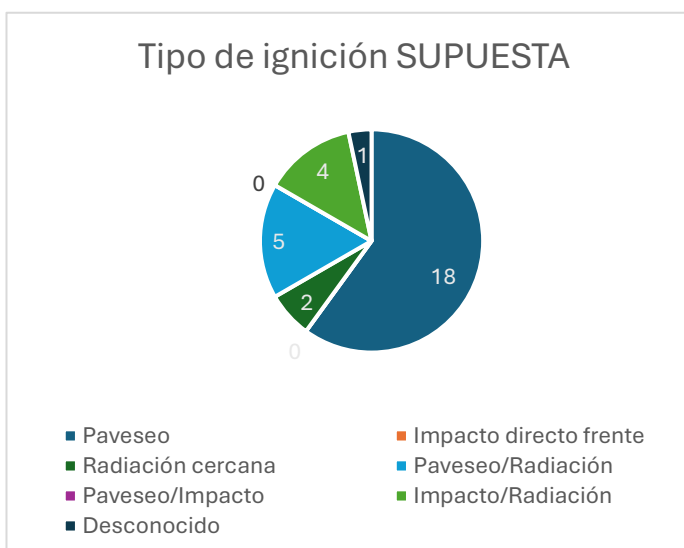


Figura 20: Tipo de ignición y grado de daños en las infraestructuras afectadas



Por ejemplo, en la vivienda de la localidad Bahinas, dentro de la parroquia de Trevías, al haber vegetación en los anillos inmediatamente contiguos a la vivienda se determinó que ha sido destruida por exposición directa del fuego (Figura 21).



Figura 21: Vivienda destruida en Bahinas, Trevías, por exposición directa del fuego

Mientras que, en el caso contrario, en una casa en Cortina, también en la parroquia de Trevías, la cual carecía de combustible en los anillos próximos a la vivienda, se determinó que se vio afectada por paveseo (Figura 22).



Figura 22: Vivienda destruida en Cortina, Trevías, mediante paveseo

5.3 Revisión de la normativa en materia de IUAF

De acuerdo con la normativa actual, si una vivienda está situada en una zona cuyo uso de suelo esté declarado núcleo rural, suelo urbano o urbanizable se tiene que aplicar la norma de la resolución del 2023 (Resolución del 17 de julio, 2023), respectiva a las franjas de actuación. Sin embargo, tan solo cinco de las 30 infraestructuras objeto de estudio se encontraban en estas zonas del territorio mencionadas, es decir un 16,67% (Figura 23). Esto significa que, si las infraestructuras se encuentran en estas zonas amparadas por la norma, los propietarios, titulares o arrendatarios de los terrenos forestales están obligados al mantenimiento de una franja de 75 metros y si no, no tendrían obligación de hacerlo. Esta normativa también indica que, en los terrenos forestales, independientemente del tipo de suelo que haya al otro lado, es necesario mantener limpios los primeros 50 metros en las áreas colindantes. Esto es así porque la norma busca tanto defender las casas del monte, como viceversa. En la realidad se ve que esto no es del todo cierto, pues, como se ha dicho, tan solo el 16,6% de las infraestructuras afectadas estaban amparadas por la norma. Las viviendas en suelo rústico actualmente estarían desprotegidas desde el punto de vista normativo, lo ideal sería ampliar el ámbito de aplicación.

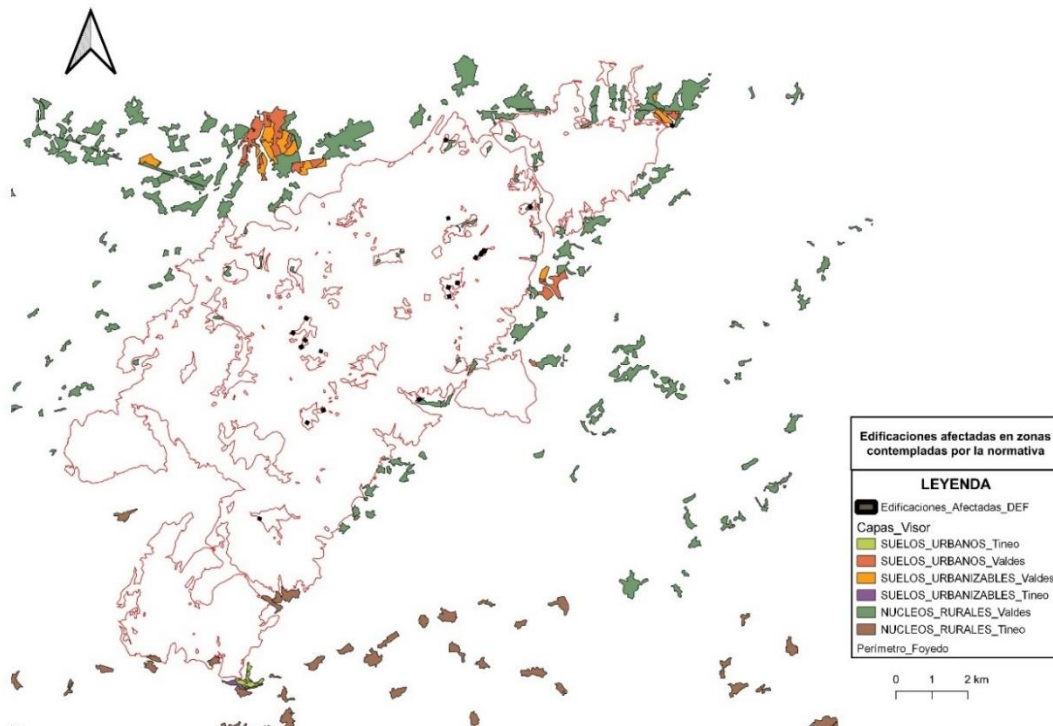


Figura 23: Edificaciones afectadas contempladas en la norma



La normativa, tal y como está planteada, no es válida en algunas circunstancias. Valorar solo la fracción de cabida cubierta (FCC) no es suficiente y se deberían tener más factores en cuenta, ya que, por ejemplo, varias casas en exposición de solana, completamente despejadas, ardieron. Asimismo, en el caso de masas de frondosas, como el castaño (*Castanea sativa*), el haya (*Fagus sylvatica*) o el roble (*Quercus robur*), si la fracción de cabida cubierta (FCC) es inferior al 20% se favorece la propagación de especies heliófilas como el tojo (*Ulex sp.*) que actúan como combustible. Finalmente, puede darse tanto el caso de que no se necesiten esos 75 metros de protección, debido a factores externos que dificultan el avance del fuego (como la exposición o la pendiente), o el caso diametralmente opuesto en el que habría incluso que ampliar esa franja de seguridad.

6. Discusión

En España es cada vez más frecuente la prevalencia de grandes incendios con crecientes niveles de severidad, lo que ha generado una alarma social que demanda información y actuación (Bardají Mir, 1999). Este estudio de caso corresponde a la España Atlántica, donde el principal problema de los incendios es el acortamiento de los ciclos y el elevado nivel de riesgo que se produce en las áreas de IUAF, lo que, combinado con otros factores (climáticos, edafológicos o actividad humana), conduce a situaciones de peligro con alto grado de irreversibilidad (Martínez, 2004). Para determinar el riesgo de incendio y poder mejorar la prevención, es importante analizar factores como la vegetación pre-incendio y las condiciones topográficas. Se resaltó la complejidad de los factores que influyen en el riesgo de incendio en la IUAF, subrayándose la necesidad de desarrollar estrategias de gestión de incendios adaptadas que mejoren la efectividad de la prevención. Se determinó que el riesgo fue mayor a mayor variabilidad topográfica, especialmente en masas forestales de vocación productiva, y menor en bosques nativos (Calviño-Cancela, 2017). La orientación norte se asoció a un menor riesgo fuera de la IUAF, especialmente en bosques nativos, mientras que los matorrales abiertos en orientación sur presentaron mayor riesgo. Similares resultados se encontraron en el estudio de Calviño-Cancela (2016) sobre la interfaz urbano-forestal, centrado en la densidad y actividad humana como factores de riesgo de riesgo.

Es importante diseñar estrategias efectivas de tratamiento del combustible para lograr paisajes resilientes, comunidades adaptadas y con capacidad de respuesta frente al fuego. Por lo tanto, obtener información básica sobre los parámetros del combustible forestal y sus patrones de acumulación, se ha convertido en un aspecto muy importante en la planificación de intervenciones de gestión. Investigaciones llevadas a cabo en el sur de Italia (Eliá, 2015), permitieron determinar cuatro modelos de combustible para mejorar la precisión de la planificación de la gestión y ayudar a los gestores forestales en la toma de decisiones de gestión del combustible.



En este trabajo también se realizó un análisis de las infraestructuras afectadas por el incendio, con el que se determinó el tipo de materiales más peligrosos, las ubicaciones que quedaban más expuestas en estos tipos de desastres naturales y demás condiciones que se consideraron relevantes. En esta línea, Gaudet (2020) asegura que estudiar los incidentes post-incendio proporciona información valiosa y directa para entender, desde un punto de vista científico, el comportamiento del fuego en la IUAF. Pero éste no es el único caso. Debido a los daños causados por los incendios en California, sin precedente alguno, Schulze (2020) investigó sobre el incendio de Camp en 2018, el más destructivo y mortal en la historia del estado, que destruyó el 90% de las viviendas y dañó la infraestructura del sistema de distribución de agua, contaminando el agua potable.

Por último, se realizó una catalogación del suelo con la que valorar la idoneidad de la normativa actual. El aspecto normativo debería tenerse siempre en cuenta en estudios de estas características, aunque no es algo sencillo. Del Corral (2019), tras realizar un estudio donde se analizaron los problemas jurídicos a los que se enfrenta la regulación en materia de IUAF y las soluciones que han ofrecido las legislaciones de cuatro Comunidades Autónomas (Andalucía, Aragón, Cataluña y Galicia), concluyó, entre otros aspectos, que la regulación de la IUAF está dispersa en muchas legislaciones de distinto ámbito territorial. Por ello, resulta difícil determinar las obligaciones de los propietarios de terrenos edificados en relación con la prevención de incendios. A una conclusión similar se llegó en Chile (Castillo Soto, 2020) donde, tras recopilar datos de población, estadísticas de incendios, normas de construcción y legislación vigente, se analizó la vulnerabilidad de las edificaciones frente al impacto de los incendios forestales en áreas de interfaz, realizándose propuestas para mejorar el entorno inmediato a las áreas con mayor vulnerabilidad.

7. Conclusión

Esta investigación proporciona información útil para futuras acciones y políticas que busquen reducir la susceptibilidad y vulnerabilidad de las comunidades frente a los incendios forestales, promoviendo una mayor seguridad y resiliencia en la región. Se resalta la necesidad urgente de adaptar la normativa vigente en materia de IUAF, que presenta limitaciones significativas, teniendo en cuenta las condiciones específicas del paisaje y la distribución de las infraestructuras en la región. En este sentido se recomienda ampliar las zonas sujetas a regulación y revisar las medidas preventivas, como la creación de zonas de protección contra incendios, la promoción de prácticas de construcción resistentes al fuego y la gestión adecuada de la vegetación, que pueden contribuir significativamente a la mitigación del riesgo.



8. Referencias bibliográficas

- Albini, F. A. (1976). *Estimating wildfire behaviour and effects*. Int-30: USDA For. Serv. Res. Note.
- Anderson, H. (1982). *Aids to determining fuel models for estimating fire behaviour*. Int-30.
- Bardají Mir, M. &. (1999). *Análisis comparativo interregional de los incendios forestales en la España peninsular*. Lleida, España: Unidad de Fuegos Forestales.
- Calviño-Cancela, M., Chas-Amil, M. L., García-Martínez, E. D., & Touza, J. . (2016). Wildfire risk associated with different vegetation types within and outside wildland-urban interfaces. *Forest Ecology and Management*, 372, 1-9.
- Calviño-Cancela, M., Chas-Amil, M. L., García-Martínez, E. D., & Touza, J. . (2017). Interacting effects of topography, vegetation, human activities and wildland-urban interfaces on wildfire ignition risk. *Forest Ecology and Management*, 397, 10-17.
- Castillo Soto, M. G. (2020). *Prescripciones técnicas para viviendas e infraestructuras críticas en interfaz urbano-forestal frente a incendios: el caso de San José de Maipo, Chile*.
- CETEMAS. (2019). *Generación de cartografía de modelos de combustibles a partir de datos LiDAR: herramienta flexible, actualizable y escalable*. Asturias: Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias.
- del Corral, I. P. (2019). Interfaz urbano-forestal e incendios forestales: regulación legal en España. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, (53), 158-219.
- Elia, M. L. (2015). Developing custom fire behavior fuel models for Mediterranean wildland-urban interfaces in southern Italy. *Environmental management*, 56, 754-764.
- Gaudet, B. S. (2020). A review of post-incident studies for wildland-urban interface fires. *Journal of safety science and resilience*, 1(1), 59-65.
- Gobierno de España. (2013). *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*. Ministerio del Interior.
- Gobierno de España. (2022). *Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales*. Jefatura del Estado.
- Gobierno del Principado de Asturias. (2020). *Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias EPLIFA (2020-2025)*. Principado de Asturias: Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) Universidad de Oviedo.



- Haight, R. G. (2004). Assessing fire risk in the wildland-urban interface. *J. Journal of Forestry*, 102(7), 41-48.
- Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 116-126.
- Key & Benson, C. (2006). Landscape assessment (LA). *FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system*, 164, LA-1.
- Martín, L. G. (2012). *Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España*. Madrid: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.
- Martínez, J. &. (2004). *Capítulo I los incendios forestales en España. Análisis de incidencia y causalidad*. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá.
- McGaughey, R. J. (2012). *FUSION/LDV: Software for LiDAR data analysis and visualization, Version 3.01*. University of Washington: Seattle, WA, USA.: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- MITECO. (2012). *Mapa Forestal de España (MFE25) Escala 1:25.000*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Ortiz-Reyes, A. D., Valdez-Lazalde, J. R., los Santos-Posadas, D., Héctor, M., Ángeles-Pérez, G., Paz-Pellat, F., & Martínez-Trinidad, T. . (2015). *Inventario y cartografía de variables del bosque con datos derivados de LiDAR: comparación de métodos*. Montecillo, Estado de México: Madera bosques.
- QGIS.org. (2024). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association.
- Ramírez, J. (2013). *Generación de cartografía de modelos de combustible a partir de datos LiDAR y análisis de imágenes orientado a objetos para su integración en Wildfire Analyst*. Vitoria, España.
- Resolución del 17 de julio. (2023). *Se regula el uso del fuego, se aprueban las instrucciones sobre quemas y se establecen medidas de prevención contra incendios en la interfaz urbano-forestal en el territorio del Principado de Asturias*. Principado de Asturias: Boletín Oficial del Principado de Asturias.
- Rothermel, R. (1972). *Rothermel, R. C. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels (Vol. 115)*. Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service: US Department of Agriculture.
- RStudio, T. (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio. PBC, Boston, MA URL.
- Sánchez-Molina, G. (2019). *Caracterización, Evolución e Incidencia de los Grandes Incendios Forestales en el Noroeste de España*.
- Schug, F. B.-M. (2023). The global wildland–urban interface. *Nature*, 621(7977), 94-99.
- Schulze, S. S. (2020). *Post-wildfire Investigation of Civil Infrastructure Following the 2018 Camp Fire*. Oregon, USA.



Universidad de
Oviedo



Stewart, S. I. (2007). Defining the wildland–urban interface. *Journal of Forestry*, 105(4), 201-207.

Suárez-Seoane, S. (2023). *Evaluación de los impactos medioambientales producidos por el incendio de Foyedo ocurrido en los concejos de Valdés y Tineo (Asturias) en Primavera de 2023*. Principado de Asturias: Consejería del Medio Rural y Cohesión Territorial, Dirección General de Infraestructuras y Montes.

Tecnoma. (2007). *Estudio básico para la protección contra incendios forestales en la interfaz urbano-forestal*. TYPSA.

UNEP, U. (2022). *Spreading like Wildfire - The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. Nairobi: A UNEP Rapid Response Assessment.

Veraverbeke, S. V. (2012). Assessment of post-fire changes in land surface temperature and surface albedo, and their relation with fire–burn severity using multitemporal MODIS imagery. *International Journal of Wildland Fire*, 21(3), 243-256.

Zubcoff, J. (2021). *ANOVA multifactorial paso a paso. Obtención y Tratamiento de Datos Ambientales*.