

Análisis de riesgos, simulaciones de comportamiento del fuego y definición de medidas preventivas para la interfaz urbano-forestal. Grupo Operativo Interfaz

Javier Blanco¹,
Miguel Mendes¹,
Miguel Ángel Navarrete¹,
Guillem Canaleta²,
Jaume Llunell³,
Dario Arias⁴,
César Ortega⁵,
Carmen Paz⁶,
Aitor Arraiza⁷,
Rafael Alonso Ponce⁷

¹ Tecnosylva SL

² Fundació Pau Costa

³ Diputació de Girona

⁴ Fundación Cesefor

⁵ Aeromedia UAV SL

⁶ Empresa Pública de Servicios Agrarios Galegos

⁷ Fora Forest Technologies, SLL

Los profundos cambios demográficos y sociológicos acaecidos desde mediados del siglo XX en los países desarrollados han propiciado una migración masiva del campo a la ciudad, lo que ha desencadenado rápidos cambios en el uso de la tierra y la interacción de la vegetación con el entorno urbano. Esta interacción es hoy día mucho más compleja y estrecha, permitiendo una afección cada vez más intensa de perturbaciones en la interfaz urbano forestal (IUF). Por otro lado, el desarrollo exponencial de la disposición de datos remotos y la capacidad para su procesamiento han abierto una ventana de oportunidad para analizar ágil y pormenorizadamente la estructura y dinámica de la vegetación en las IUF y para simular el comportamiento más probable del fuego, analizar los riesgos e identificar medidas preventivas a gran escala. En este trabajo se presenta la metodología y los resultados obtenidos en dos municipios piloto, en el marco del Grupo Operativo Interfaz, para que sus zonas de IUF recuperen su función de espacios de transición entre los ecosistemas forestales y las zonas de intenso uso antrópico, para así minimizar los efectos de las perturbaciones. Se ha utilizado información LiDAR obtenida mediante naves no tripuladas para generar métricas descriptivas de la estructura de la vegetación y cartografía de modelos de combustible, con una pequeña muestra de verdad terreno. Posteriormente, se ha simulado el comportamiento del fuego y los tiempos de evacuación, además de evaluar el peligro estructural en ambos municipios. Por último, se han delimitado zonas estratégicas de defensa. La combinación de estas herramientas permite identificar zonas estratégicas y medidas preventivas para ofrecer oportunidades para la lucha contra los incendios en un contexto tan complejo como la interfaz urbano-forestal.

Palabras clave: Cataluña, Galicia, zonas estratégicas, áreas de defensa, incendios forestales, sensores remotos.

INTRODUCCIÓN

Desde los años 50 del siglo XX se viene produciendo un fenómeno mundial de migración del campo a la ciudad, principalmente en los países desarrollados, que ha dado lugar a profundos cambios en el uso de la tierra causados por el abandono rural. Aunque el alcance y los efectos de estos cambios en los paisajes rurales varían significativamente entre regiones, en España una de las consecuencias más negativas del abandono de la actividad agrosilvopastoral es el aumento de la frecuencia e intensidad de perturbaciones bióticas y abióticas como incendios forestales, ataques de enfermedades y plagas, daños por fenómenos meteorológicos, etc., debidos en gran parte a la invasión de matorrales y bosques jóvenes en antiguas tierras de cultivo y pastos (Rey Benayas *et al.* 2007). Este abandono ha llevado a que el sistema tradicional de *domus, hortus, ager, saltus* y *silva* se haya transformado en una interfaz silvestre-urbana-rural en la que la gestión de los recursos territoriales es deficiente. En estas zonas, factores socio-económicos y ecológicos se combinan para alterar los servicios ecosistémicos con consecuencias directas sobre el paisaje, la biodiversidad y la población rural. La afección por perturbaciones de la interfaz urbano-forestal (IUF) en las zonas rurales es

cada vez mayor, tanto en frecuencia como en intensidad (Galiana Martín 2012). Esta situación se vuelve particularmente inmanejable cuando la estructura de los asentamientos humanos está dispersa. La cercanía de la vegetación a las edificaciones provoca situaciones de emergencia civil, tanto por la presencia de fuego como por presencia de derribos o plagas y enfermedades. Esto deriva en evacuaciones y daños directos e indirectos a la población, que son cada vez más habituales y cuantiosos. Los planes de emergencia que han de implantar los municipios situados en el ámbito rural y aquellos que cuentan con urbanizaciones rodeadas de espacios forestales deben dar cumplimiento a una legislación cada vez más compleja en cuanto a planes de autoprotección de las viviendas, mantenimiento de accesos, limpieza de las áreas de IUF y otras medidas complementarias.

Por otra parte, la reducción de la heterogeneidad espacial del paisaje, íntimamente ligada al abandono de la actividad agrosilvopastoral, al cambio global y al incremento de incendios forestales, lleva también a la pérdida de servicios ecosistémicos claves, tanto de aprovisionamiento, como de protección y culturales. El mantenimiento del pastoreo extensivo y de otras prácticas ligadas a la gestión agroforestal son herramientas clave en su mantenimiento y mejora,

por lo que es necesaria una estrategia de gestión de los ecosistemas de la IUF rural, de modo que los servicios que aportan sigan disponibles en todo el mosaico del paisaje (Foley *et al.* 2005). Precisamente, los autores del presente trabajo son miembros del Grupo Operativo Interfaz “*Gestión integral de la interfaz urbano-forestal para la mitigación de perturbaciones y puesta en valor de sus servicios ecosistémicos*”, incluido en el Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020, financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). El Grupo Operativo Interfaz fue creado con el fin de establecer medidas de gestión y aprovechamiento del potencial productivo del territorio, entendidas éstas como herramientas para minimizar riesgos originados por perturbaciones bióticas y abióticas en el entorno de los núcleos rurales y de la interfaz urbano-forestal, obtuvo la financiación en la convocatoria del año 2020 en concurrencia competitiva y tuvo una duración de 24 meses.

Paralelamente, uno de los principales limitantes de la gestión de las zonas de IUF es el volumen de información y la complejidad de su manejo, pues ante un escenario ambiental, económico y social en constante cambio, la gestión debe ser capaz de adaptarse y actualizarse de forma rápida y eficiente, haciendo

2021-09-14
12:43:48

fundamental el diseño, desarrollo e introducción de nuevas herramientas-tecnologías que agilicen dicho proceso. En este sentido, la clasificación detallada de la IUF se ha sustentado en la toma de datos de alta resolución mediante tecnología LiDAR sobre naves no tripuladas (drones), para analizar de forma pormenorizada la estructura de la vegetación y los combustibles e identificar zonas de riesgo y áreas de defensa, y por ende zonas de intervención prioritaria, empleando como apoyo simulaciones del comportamiento del fuego.

En el presente trabajo se resumen los resultados relativos a estas últimas, así como a la definición de medidas preventivas e identificación de áreas de defensa contra incendios forestales en las IUF de dos de los municipios incluidos como zonas piloto en el GO.

METODOLOGÍA

Zonas piloto

Para este trabajo se seleccionaron como zonas piloto dos de los municipios integrados en el área de estudio del Grupo Operativo: Calonge (Girona) y Rianxo (A Coruña) (Figura 1). Ambos municipios poseen características comunes en cuanto a abundancia de zonas de IUF y presión de población flotante vacacional, si bien también presentan diferencias en cuanto a clima y vegetación natural.

Rianxo posee un clima atlántico y su situación geográfica lo hace estar expuesto a la influencia marítima, actuando sobre la naturaleza del tapiz vegetal y sobre las características del suelo. La exposición a estos vientos atlánticos provoca un ambiente de gran humedad, con lluvias regulares.



Figura 1. Municipios analizados en el presente trabajo

La dirección de los vientos varía a lo largo del año, alternando sur y suroeste con norte y noreste, provocando cambios atmosféricos importantes. La vegetación está compuesta fundamentalmente por formación arbolada de especies autóctonas (*Pinus pinaster*), foráneas (*Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*) y, en menor medida, por bosques caducifolios, como alisos, sauces y robles y por matorrales de altura media y alta, donde el tojo es la especie más abundante. Por su parte, el clima de Calonge es el típico mediterráneo con veranos secos y calurosos e inviernos húmedos y lluviosos, mientras que sus masas forestales están dominadas por pinar de pino piñonero (*Pinus pinea*), así como montes de encinas y alcornoques, herencia del carboneo tradicional. El estrato arbustivo lo conforman un gran número de especies entre las que destacan *Viburnum tinus*, *Rhamnus alternus*, *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Crataegus monogyna* y *Ruscus aculeatus*.

Captura y procesamiento de datos

En ambos municipios se practicaron sendos vuelos con sensor

LiDAR modelo PHOENIX SCOUT ULTRA (Phoenix LiDAR System 2020), embarcado sobre un UAS DJI Matrice 300 RTK. Este sensor LiDAR se operó a una altura aproximada de 90 m, produciendo nubes de puntos con una densidad nominal entre 100 y 200 pt/m². Este sensor LiDAR lleva unida una cámara RGB de 24 mpx y objetivo de 16 mm, con la que se han obtenido ortofotos con GSD de aproximadamente 3 cm. Las nubes de puntos LiDAR fueron clasificadas automáticamente y recortadas en hojas de 200x200 m mediante la herramienta Clipper® (desarrollada por Fora Forest Technologies), que optimiza los parámetros de clasificación facilitados por LASTools para cada área de interés, y a continuación se revisaron manualmente todas las hojas para detectar y corregir fallos en la clasificación automática (Figura 2). Por último, una vez identificadas y corregidas las zonas con errores de clasificación, se ha empleado el software easyLAZ® (desarrollado por Fora) para generar los distintos productos de estructura de la vegetación e infraestructuras: modelos digitales del terreno (MDT, resolución

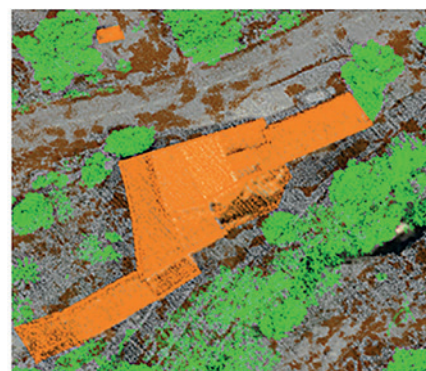
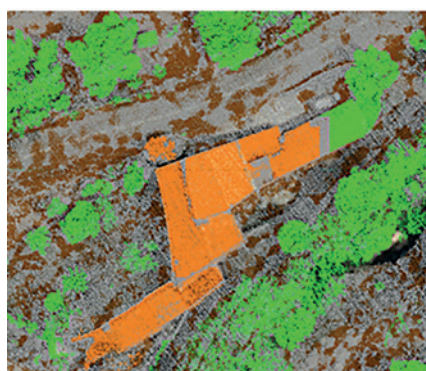


Figura 2. Errores en la clasificación (izq.), ortofoto de máxima actualidad (centro) y resultados de la reclasificación manual (dcha.)

de 0.5 m), modelos digitales de altura de la vegetación (MDAV, resolución de 0.5 m), modelo digital de edificaciones (MDEF, resolución de 0.5 m) rásteres de percentiles y de fracción de cabida cubierta (LFCC, resolución de 1.0 m) y rásteres de densidad de puntos por intervalos de alturas cada 50 cm (resolución de 1.0 m), que servirán como variables de entrada para la generación de cartografía de modelo de combustible. Como complemento, se ha utilizado la librería PDAL para la manipulación de nubes de puntos a fin de realizar pruebas de (recorte, obtención de DTM, etc.) con alguna de las nubes LiDAR del proyecto (PDAL, 2023).

Paralelamente, las ortofotos más recientes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), financiado por el Estado y las CCAA, fueron analizadas con el software *eCognition Developer* con el fin de llevar a cabo el análisis OBIA (Análisis de Imágenes Orientado a Objetos) con el que se segmentan las imágenes de las zonas piloto en objetos de comportamiento homogéneo. Con esta información se generó una cartografía preliminar continua de usos del suelo (agua, agrícola, urbano, vegetación) que facilitara la posterior clasificación de los tipos de vegetación y los modelos de combustible.

Además, con el objetivo de validar y, en su caso, corregir los modelos de combustible predichos a partir de información remota, se contó con los modelos de combustible capturados sobre el terreno. En total se tomaron 31 ubicaciones en Galicia y 28 en Cataluña.

Generación de cartografía de modelos de combustible

En esta fase se desarrolló una clasificación de la vegetación en modelos de combustible, en función de su comportamiento previsto frente al fuego, siguiendo las categorías establecidas por Scott & Burgan (2005). El procedimiento empleado fue:

1. En base a las segmentaciones realizadas a partir de las imágenes PNOA, se calcularon las estadísticas zonales de cada ráster

de estructura de la vegetación (MDAV, LFCC, densidad), con la finalidad de que cada objeto generado en la segmentación tenga asociada la información correspondiente.

2. Tras este primer paso, se realizó una clasificación de la vegetación en grandes grupos (arbolado, matorral, herbáceo, herbáceo-matorral y diferentes categorías de no combustibles como urbano y viales). Para ello se emplearon objetos de referencia de cada categoría y se ha aplicado el algoritmo *Random Forest* disponible en el paquete *randomForest* (Liaw & Wiener, 2002) de R, basado en la generación de numerosos árboles de predicción de cuya combinación se derivan los principales resultados. Las clasificaciones obtenidas se han validado en base a la información disponible de los trabajos de campo empleando matrices de confusión.
3. Una vez definidos los grupos y con el objetivo de desagregarlos en los diferentes modelos de combustible, se ha realizado un análisis estadístico de las variables para caracterizar cada modelo. Además, se ha empleado criterio experto y los modelos originales de campo como apoyo.

Simulaciones del comportamiento del fuego

Con el objeto de determinar el nivel de peligro de incendio forestal en ambos municipios, conociendo la facilidad intrínseca con que se propaga un incendio forestal y la identificación de áreas y puntos críticos a través del análisis del comportamiento potencial del fuego, se ha procedido a realizar un análisis del peligro estructural de incendios. Para ello se ha realizado la simulación de las principales variables físicas del comportamiento del fuego, en concreto, la longitud de llama, velocidad de propagación, intensidad de llama y el tipo de actividad de copas. Para ese propósito, se ha hecho uso del software desktop de simulación de incendios forestales *Wildfire Analyst*® (desarrollado por Tecnosylva). Con

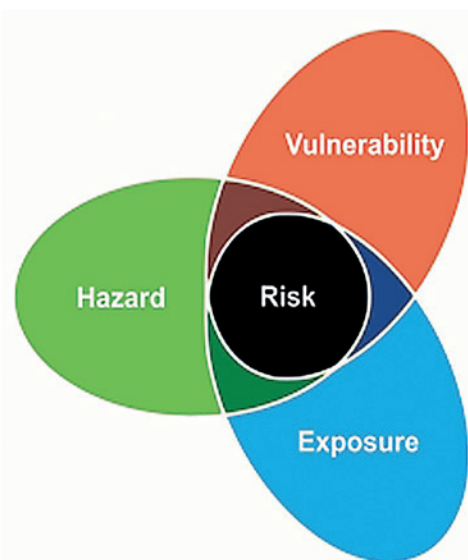


Figura 3. Dimensiones del riesgo. Fuente: IPCC 2012

ese objetivo se ha usado de base los modelos de combustibles generados en el proyecto, y otra cartografía base (por ej. MDT) así como variables meteorológicas extraídas de incendios históricos relevantes ocurridos en ambos municipios. Una vez calculados los valores de las variables de comportamiento del fuego para cada municipio se ha atribuido una clasificación de rango de valores de cada variable y se ha procedido a calcular la media de la suma de las clasificaciones de las variables, obteniendo el peligro estructural de cada municipio. Además de las simulaciones estáticas de las variables de comportamiento del fuego se han realizado para ambos municipios simulaciones de tiempos de evacuación y las carreras de fuego esperadas asociadas a dichas simulaciones con el objetivo de facilitar la identificación de puntos críticos de comportamiento del fuego y de áreas de defensa con incendios forestales en ambas zonas.

Definición de áreas de defensa y medidas preventivas

Con el fin de evaluar y planificar el riesgo en diferentes escenarios se han tenido en cuenta las tres dimensiones del riesgo que se proponen en el Informe del IPCC (2012) (Figura 3).

Así, el **peligro** es la probabilidad de que ocurra un incendio y su capacidad de generar daños. La **exposición** se refiere a las personas y bienes que pueden ser afectadas. Por último, la **vulnerabilidad** hace

referencia a la susceptibilidad de la sociedad y los bienes a sufrir esos daños. Entender estos tres factores nos permite simplificar la planificación del riesgo, entendiendo qué aspectos debemos trabajar (reducción de igniciones, reducción del combustible fino, concienciación de la población, infraestructuras, servicios ambientales, etc.)

Después de identificar estos factores, el siguiente paso es establecer medidas que puedan reducir el riesgo de cada uno de ellos y categorizar a qué parte del ciclo de la gestión del riesgo pertenecen (prevención, preparación, respuesta o recuperación) y a qué sector de la gestión de emergencias corresponden (bomberos, protección civil, gestores urbanos, etc.)

Dado que tanto en el caso de Calonge como en el de Rianxo se identificó el riesgo de incendios forestales, se desarrolló la medida de mitigación del riesgo de incendio marcando áreas de defensa. Estas áreas se seleccionaron basándose en los resultados de las simulaciones estáticas, los tiempos de llegada del fuego a las zonas de interfaz obtenidos por las simulaciones de evacuación y el trazado de los caminos principales del fuego. Con esta información, sumada a la identificación de puntos de cambio de comportamiento del fuego (collados, crestas y barrancos), se ha diseñado una red de zonas de defensa en cada municipio.

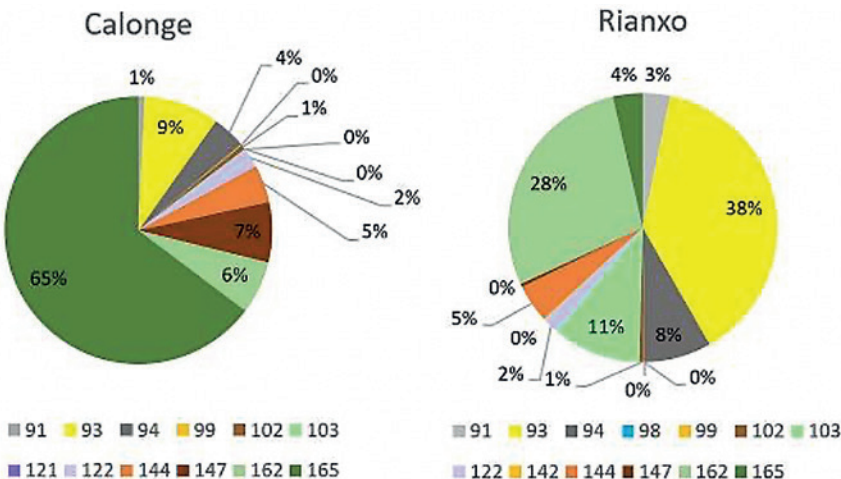


Figura 4. Porcentajes de cada modelo de combustible en las zonas analizadas de Rianxo y Calonge. Véase la Tabla 1 para ver la descripción del modelo de combustible al que corresponde cada código

Grupo de combustibles	Código del modelo	Descripción
NB (90) – No combustibles	NB1 (91)	Urbano
	NB3 (93)	Agrícola
	NB4 (94)	Vías de comunicación
	NB9 (99)	Suelo desnudo
GR (100) – Herbácea	GR2 (102)	Pastizales secos de carga baja
	GR3 (103)	Pastizales secos y densos de carga baja
GS (120) – Herbácea-matorral	GS1 (121)	Pastizal-matorral de carga baja
	GR2 (122)	Pastizal-matorral de carga moderada
SH (140) – Matorral	SH4 (144)	Matorral-arbolado de clima húmedo de carga baja
	SH7 (147)	Matorral de clima seco de carga muy alta
TU (160) – Arbolado con sotobosque	TU2 (162)	Arbolado-Matorral de clima húmedo de carga moderada
	TU5 (165)	Arbolado-Matorral de clima seco de carga muy alta

Tabla 1. Modelos de combustible presentes en las zonas de estudio

Predicho	Observado Rianxo			Observado Calonge		
	Herbáceo	Matorrales	Arbolado	Herbáceo	Matorrales	Arbolado
Herbáceo	5	0	0	3	0	0
Matorrales	0	6	2	0	11	4
Arbolado	0	0	10	0	0	2

Tabla 2. Matrices de confusión de Rianxo (izquierda) y Calonge (derecha)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cartografía de modelos de combustible

La clasificación de la vegetación en grandes grupos se ha evaluado mediante un proceso de validación empleando los datos de campo. Para ello, los modelos definidos en campo se han agrupado en modelos generales (herbáceas, matorral y

arbolado), siguiendo la estructura descrita por Scott & Burgan (2005). En la Tabla 1 se muestran los modelos de combustible presentes en las zonas de estudio.

A continuación se muestran las matrices de confusión para los dos municipios evaluados (Tabla 2). Las matrices de confusión son tablas en las que se computa, para cada

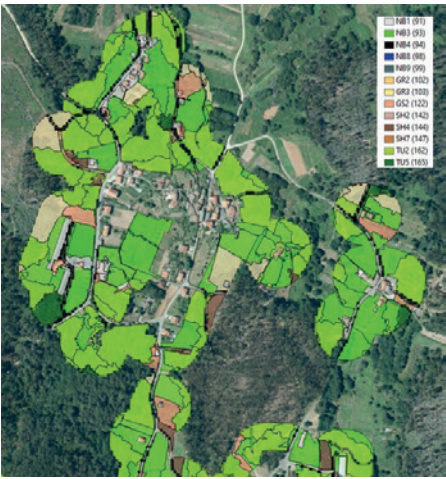


Figura 5. Ejemplo del resultado de la clasificación de modelos de combustible en Rianxo

observación (parcelas de campo), si la predicción del modelo coincide con lo observado sobre el terreno. Así, en la Tabla 2 se muestra la comparación entre las categorías predichas (filas) frente a las observadas en campo (columnas), mostrándose en la diagonal las coincidencias entre ambas.

Las matrices muestran una correcta clasificación de los grandes grupos de combustible analizados: zonas de matorral con herbáceas, matorrales y arbolado. Además, aparecen discordancias debidas a modelos de matorral de alta carga que incluyen arbolado, por lo que la estructura de la vegetación ha podido condicionar el resultado, particularmente en el caso de Calonge. La tasa de acierto global para Rianxo es del 91.3% y para Calonge del 80 %.

Una vez aplicados los modelos de grandes grupos de vegetación, se ha realizado la clasificación desagregada en los diferentes modelos de combustible. A continuación se muestra el porcentaje que representa cada modelo de combustible respecto a la superficie total de estudio de cada municipio. En ambos casos destaca el modelo agrícola (93), representando un 9 % en Calonge y un 38 % en Rianxo; y los modelos forestales, donde el modelo 165 supone un 65 % del total en Calonge y el 162 un 28 % en Rianxo (Figura 4).

En la Figura 5 se muestra una pequeña zona del resultado final de la clasificación de modelos de combustible en Rianxo.

Simulaciones del comportamiento del fuego

La siguiente ha consistido en la simulación de múltiples variables de comportamiento del fuego en ambos municipios, haciendo uso del software de simulación de incendios forestales Wildfire Analyst®. En la Figura 6 se muestran a modo ejemplo los resultados de las cuatro variables de comportamiento de fuego simuladas para el municipio de Calonge.

Una vez simuladas las variables del comportamiento del fuego se ha procedido a clasificarlas según los valores obtenidos para cada

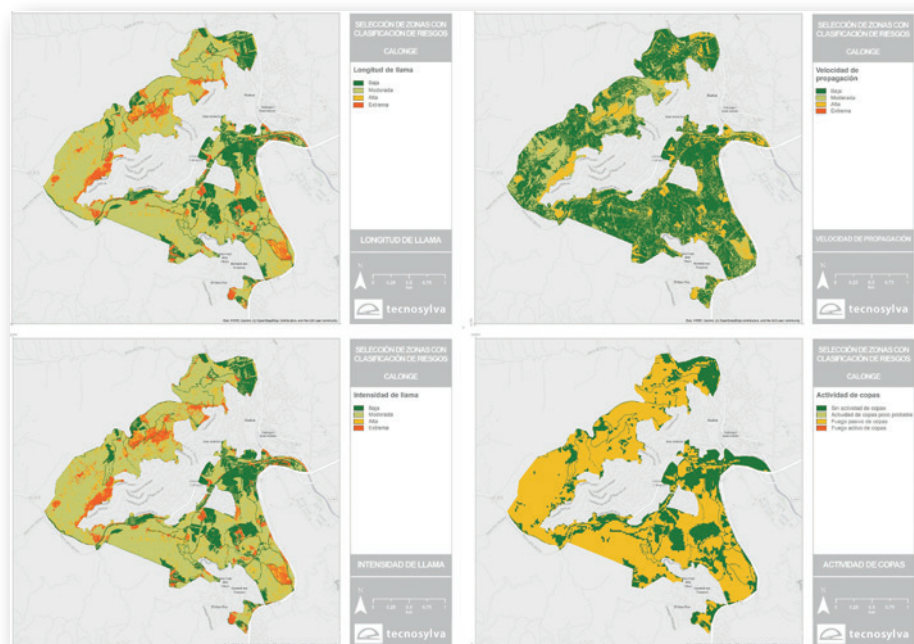


Figura 6. Ejemplo del resultado de la simulación estática de las variables de comportamiento del fuego de longitud de llama, intensidad de llama, velocidad de propagación y actividad de copas para el municipio de Calonge

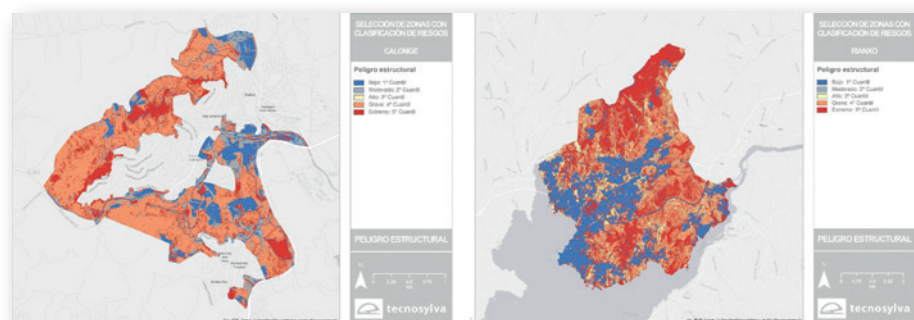


Figura 7. Resultados del peligro estructural en el municipio de Calonge (izquierda) y de Rianxo (derecha)

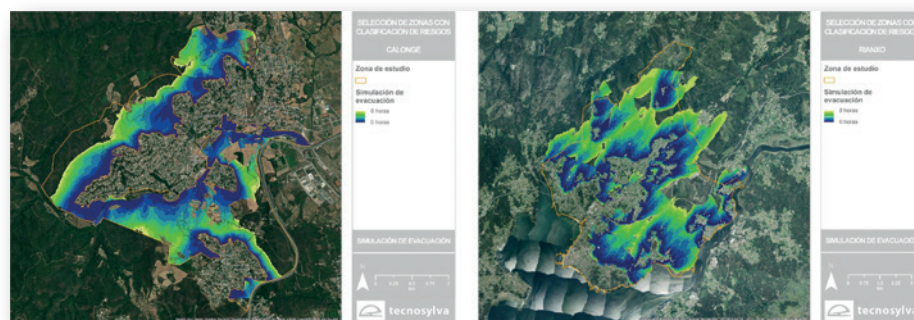


Figura 8. Ejemplo de los resultados de las simulaciones de los tiempos de evacuación para los municipios de Calonge (izquierda) y Rianxo (derecha).

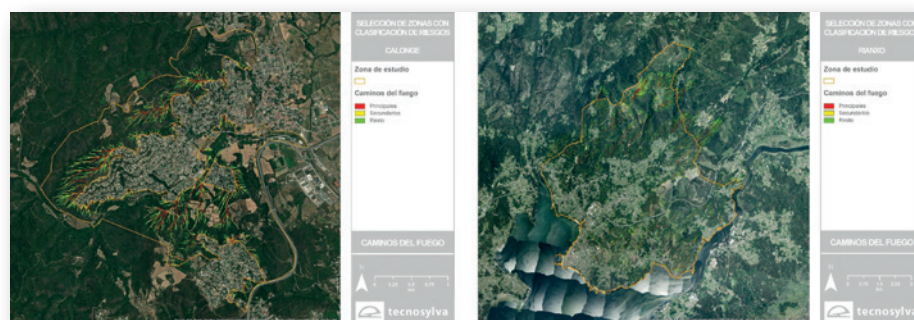


Figura 9. Ejemplo de los resultados de las simulaciones de los caminos del fuego para los municipios de Calonge (izquierda) y Rianxo (derecha)

variable. Finalmente se ha procedido a calcular la media de la suma de las clasificaciones de las variables para obtener el peligro estructural de cada municipio. En la Figura 7 se muestra el peligro estructural de incendio forestal obtenido para cada municipio.

Se han realizado igualmente simulaciones de tiempos de evacuación para cada municipio para ocho horas de progresión del incendio, teniendo de base de línea de tiempo de llegada la línea de interfaz urbano-forestal de cada municipio y de zona de partida del incendio la zona más exterior donde se prevé que el incendio se ubique a las ocho horas de progresión. Los resultados de dichas simulaciones se presentan en la Figura 8:

Juntamente con el análisis del tiempo de evacuación a la línea de interfaz urbano forestal de cada municipio se han simulado los principales caminos del fuego. Estos se clasifican en caminos principales (color rojo), caminos secundarios (color amarillo) y resto de caminos o caminos terciarios de menor importancia. Las carreras o caminos del fuego son celdas en el territorio en las cuales se estima que el fuego tiene una actividad principal que permitirá su avance y desarrollo en el terreno. Los resultados de dichas simulaciones se presentan en la Figura 9.

Los resultados presentados en este apartado se han utilizado como base para definir puntos críticos en ambos municipios, la identificación de áreas de defensa, así como la propuesta de medidas preventivas en ambas zonas.

Definición de áreas de defensa y medidas preventivas Calonge

Los puntos críticos de Calonge se muestran en la Figura 10. Principalmente se han marcado aquellas zonas que presentan un comportamiento más severo y que generan nuevas carreras con alto potencial de quema. Estas zonas coinciden con las crestas y con nudos de barranco.

Para identificar las zonas estratégicas (ZEG) no es solamente necesario gestionar los puntos

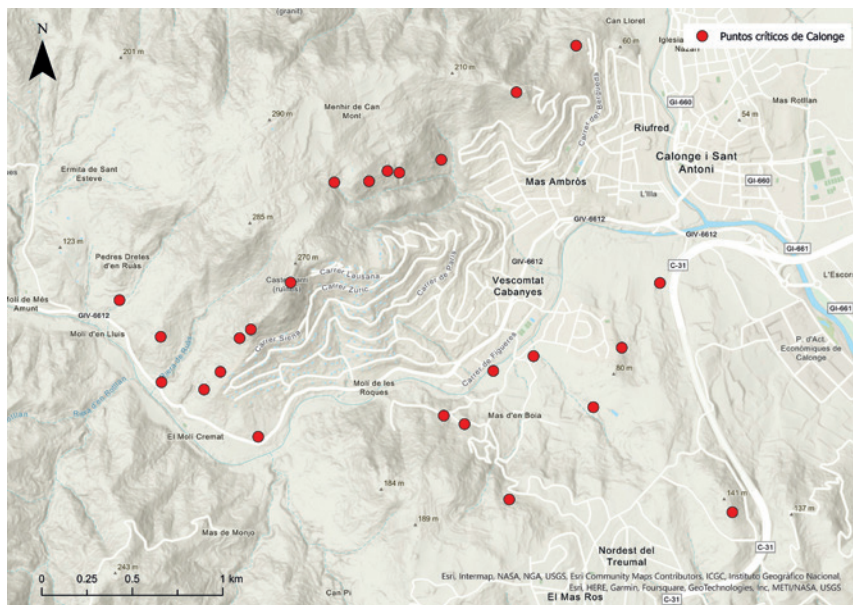


Figura 10. Puntos críticos en el municipio de Calonge



Figura 11. Zonas estratégicas de Calonge

críticos, sino que hace falta buscar zonas que ofrezcan oportunidades. Es decir, en muchas ocasiones los puntos críticos se dejan sin gestionar y se priorizan las actuaciones en zonas de oportunidades donde hay mayor probabilidad de éxito de las operaciones.

En el caso de Calonge se han delimitado las zonas estratégicas de dos formas:

Mantenimiento de zonas abiertas ya existentes para asegurar la viabilidad de ejecución de los trabajos forestales. Laderas expuestas a poniente para evitar una alta carga de combustible en zonas de máxima

alineación de viento y pendiente.

Cabe destacar dos aspectos. El primero es que la identificación de puntos estratégicos no tiene sentido sin una buena ejecución de las franjas de incendios en interfaz. Por lo tanto, las ZEG hay que complementarlas con franjas perimetrales en urbanizaciones y el mantenimiento de caminos. El segundo es que se han marcado ZEG fuera del término municipal de Calonge porque se considera que una gestión únicamente dentro del ámbito municipal no sería suficiente para cambiar el comportamiento de un Gran Incendio Forestal con viento de poniente, dada la situación geográfica

del municipio.

En total se han marcado 612 hectáreas de zonas estratégicas (Figura 11). Aun así, es cierto que más de la mitad son campos y cultivos, de modo que únicamente se pide la continuación de la gestión existente.

Rianxo

En el caso de Rianxo, la metodología usada ha sido la misma que en Calonge. Se muestran los resultados en la Figura 12 y la Figura 13.

En total se han marcado 1459 hectáreas de zonas estratégicas (Figura 13). Aun así, al igual que en el caso de Calonge, es cierto que más de la mitad son campos y cultivos, de modo que únicamente se pide la continuación de la gestión existente.

CONCLUSIONES

La metodología aquí presentada ha permitido identificar, con un esfuerzo de toma de datos de verdad terreno muy reducido, amplias superficies como zonas estratégicas en los dos municipios evaluados, ambos con una gran extensión de IUF por su compleja distribución urbana y elevada cobertura vegetal. La combinación de información remota, datos de campo y técnicas de simulación del comportamiento del fuego, unido a metodologías de análisis de riesgo son una potente batería de herramientas para identificar, también a gran escala, zonas estratégicas y medidas preventivas para ofrecer oportunidades para la lucha contra los incendios en un contexto tan complejo como es la interfaz urbano-forestal.

FINANCIACIÓN

Este Grupo Operativo (GO) está incluido en el Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020, financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Los socios del GO son la Fundación CeseFor, Föra Forest Technologies SLL, Tecnosylva SL, la Empresa Pública de Servicios Agrarios Galegos, S.A. (SEAGA), Aeromedia UAV SL, Fundación de Incendios Pau Costa Alcubierre (FPC) y la Diputación de Girona.

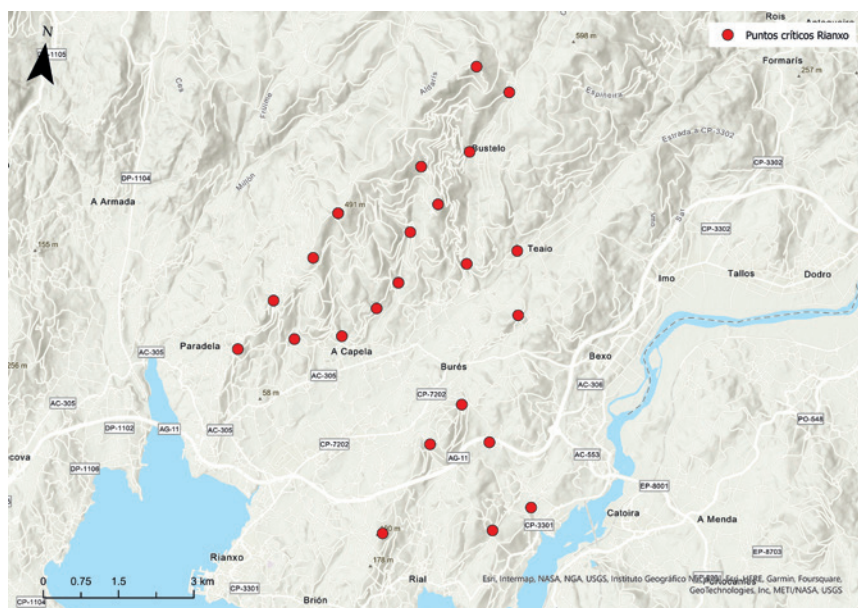


Figura 12. Puntos críticos de Rianxo



Figura 13. Zonas estratégicas en el concello de Rianxo.

REFERENCIAS

- Foley, Jonathan, A.; DeFries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K.; Helkowski, J.H.; Holloway, T.; Howard, E.A.; Kucharik, C.J.; Monfreda, C.; Patz, J.A.; Prentice, I.C.; Ramankutty, N. y Snyder, P.K., 2005. Global consequences of land use. *Science* 309 (5734): 570-574.
- Galiana, L. 2012. Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Bol. Asoc. Geograf. Esp.* 58: 205-226
- IPCC, 2012 – Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, 582 pp

- Liaw, A. y Wiener, M., 2002. Classification and Regression by randomForest. *R News*, 2 (3): 18-22.
- PDAL, 2023. (www.pdal.io). Acceso en marzo de 2023.
- Phoenix Lidar System, 2020. https://www.phoenixlidar.com/wp-content/uploads/2020/06/PLS-ScoutUltra_Spec-Sheet_2020.pdf). Acceso en marzo de 2023
- Rey Benayas, J., Martins A., Nicolau, J.M., Schulz, J.J. 2007. Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 2007, 2, doi:10.1079/PAVSNNR20072057.
- Scott, J. y Burgan, R., 2005. Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Report RMRS-GTR-153.