



2022
Lleida

27 · 1
junio · juny
juliol · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales



Organiza

Desarrollo de un modelo para la evaluación de la vulnerabilidad de la interfaz urbano-forestal en la Comunidad Valenciana

VINUÉ-VISÚS, D.¹, QUÍLEZ-MORAGA, R.¹, COLL-ALIAGA, E.¹, OLIVER-VILLANUEVA, J.V.¹ y BELDA RIBERA, M.¹.

¹ Instituto ITACA. Universitat Politècnica de València.

Resumen

Con el objetivo de mejorar la gestión de las emergencias en su tanto en sus aspectos ambientales como sociales se ha integrado la información cartográfica necesaria para identificar la concentración de la población y la densidad de los bienes inmuebles en la *Comunitat Valenciana*.

Utilizando modelos de combustible, modelos digitales del terreno, la base topográfica nacional y los datos del catastro se han obtenido las variables de “peligrosidad del combustible”, “elementos combustibles e incombustibles”, “peligrosidad de la pendiente” y “tipo de infraestructura”. Con ellas se ha definido un índice de vulnerabilidad de especial relevancia en la interfaz urbano-forestal.

Se obtiene el mapa del estado actual de la interfaz y su vulnerabilidad mediante un proceso iterable y extrapolable. Para ello se utiliza cartografía de libre acceso cuyos datos pueden ser usados como variables para el cálculo del índice de gravedad potencial en tiempo real durante un incendio en conjunción con factores biofísicos dinámicos.

Palabras clave

Incendios forestales, interfaz urbano forestal, índice de gravedad potencial, peligrosidad.

1. Introducción

Los procesos no ordenados de urbanización en las zonas rurales, especialmente en las dedicadas a segundas viviendas y zonas vacacionales, han creado un mosaico de construcciones dispersas que, junto con el abandono de los espacios agrícolas y la falta de gestión sobre las masas forestales, ha dispuesto las condiciones para que los incendios forestales sean más dañinos sobre las personas y los bienes y no sólo sobre los bosques.

Interfaz urbano forestal

Este mosaico ha configurado la interfaz urbano-forestal, (en inglés “*Wildland/Urban Interface*”, en adelante WUI o simplemente interfaz) se entiende la línea, área o zona donde las estructuras humanas se encuentran o entremezclan con terrenos no modificados o con combustibles de origen vegetal (RADELOFF et al., 2005).

La FAO (2002) define la interfaz como la “zona de transición entre ciudades y zonas naturales, y las estructuras y otros desarrollos humanos que coinciden con áreas naturales o con combustible vegetal.” Por su parte, los Departamentos de Interior y Agricultura de los EE. UU. la definen como “la línea, área o zona donde estructuras u otras instalaciones hechas por el hombre coinciden o se mezclan con zonas de vegetación natural” (USDA & USDI, 2001).

En la actual Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales aprobada por el Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, se define la interfaz urbano-forestal como la “zona en las que las edificaciones entran en contacto con el monte. El fuego desarrollado en esta zona no sólo puede alcanzar las edificaciones, sino que además puede propagarse en el interior de las zonas edificadas, cualquiera que sea la causa de origen”.

Por su parte, la Guía Metodológica de Actuaciones de Prevención, Defensa y Autoprotección en la Interfaz Urbano-Forestal (CVJ, 2014), define la interfaz como las “áreas donde la población humana y las infraestructuras que la acompañan se entremezclan con la vegetación forestal”. Sin embargo, establece que “cuando estas zonas están en contacto con cultivos agrícolas en uso o abandonados se considera interfaz agro-urbano-forestal”.

Sin embargo, aunque otras definiciones coinciden con las premisas de cercanía entre construcciones humanas y vegetación natural (CABALLERO, 2004) no incluyen el concepto del riesgo. Por ello, más recientemente se ha definido la interfaz como el riesgo que suponen los incendios forestales y, por ampliación, los incendios rurales, en la integridad de personas y sus bienes, pudiéndose incluir dentro de éstos las redes de comunicaciones y suministro (QUÍLEZ, 2016). En esta definición de interfaz se hace referencia a las zonas donde la vegetación forestal tiene contacto con las construcciones, bien sean viviendas, zonas industriales, de producción agrícola ganadera, carreteras, líneas de teléfono o líneas eléctricas, entre otras.

Por la variedad de construcciones HERMANSEN-BAEZ *et al.* (2013) distingue dos niveles, el referido a la edificación individual y en la que afirma que “la interfaz urbano-forestal es la zona en la que cualquier infraestructura se encuentra situada o adyacente a áreas propensas a incendios forestales” y el nivel comunitario, donde la interfaz urbano-forestal “es un área cuyas condiciones pueden hacer que una comunidad sea vulnerable a un incendio forestal”.

La existencia de la interfaz urbano-forestal en un área de incendio implica graves riesgos por la complejidad de su gestión, debido la necesaria protección que se debe proporcionar a las vidas humanas, los bienes materiales y el medio natural. La protección de vidas humanas y bienes materiales prevalece sobre la protección del monte y condiciona notablemente las estrategias de defensa y los protocolos de actuación de los medios de extinción, detrayendo medios e impidiendo que se pueda trabajar en otros flancos del incendio. Por este motivo la identificación de las zonas de interfaz y el análisis de su vulnerabilidad es necesaria para la gestión de la extinción de los incendios forestales (QUÍLEZ *et al.*, 2016) pues el número de incendios en estas zonas ha aumentado en los últimos años y se constata recurrentemente que la gran mayoría de las urbanizaciones y viviendas afectadas no contaban con medidas preventivas, ni siquiera de autoprotección.

La Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la *Comunitat Valenciana* expone que “las viviendas aisladas situadas en entornos forestales, o colindantes a los mismos, deberán disponer de un área de defensa frente al riesgo de incendios forestales de, al menos, treinta metros. Dicha distancia se ampliará en función de la pendiente del terreno, alcanzando, como mínimo, los cincuenta metros cuando la pendiente sea superior al treinta por ciento.”

Las disposiciones legales son a la vez guía y limitación para la propuesta de desarrollos cartográficos que identifiquen con precisión la zona de interfaz. El Real Decreto 893/2013 (RD) incluye las definiciones necesarias para acotar el alcance de estos desarrollos. En lo referido al incendio forestal, el RD indica que es “el fuego que se extiende sin control sobre combustibles forestales situados en el monte. A efectos de esta directriz tendrán dicha consideración también los que se produzcan en las áreas adyacentes al monte o de transición con otros espacios urbanos o agrícolas”.

Este RD indica que la interfaz urbano-forestal es “la zona en las que las edificaciones entran en contacto con el monte. El fuego desarrollado en esta zona no sólo puede alcanzar las edificaciones, sino que, además, puede propagarse en el interior de las zonas edificadas, cualquiera que sea la causa de origen”. En esta definición se sigue haciendo referencia a las construcciones que están en contacto con el monte. Sin embargo, si según la definición anterior se incorporan los incendios sobre

terrenos agrícolas, urbanos o rurales que están en contacto con vegetación forestal o rural, pero sobre suelo no forestal, se entiende que se debe cuantificar la exposición de todas las construcciones a los incendios de vegetación, independientemente de su naturaleza.

Vulnerabilidad

El RD define la vulnerabilidad como “el grado de pérdidas o daños que pueden sufrir ante un incendio forestal la población, los bienes y el medio ambiente” y establece que “estos elementos se inventariarán en las distintas zonas y se evaluarán de acuerdo con valores uniformes dentro de cada plan, teniendo que estar éstos suficientemente aceptados entre los organismos y expertos en materia de conservación y seguridad”.

La determinación de la vulnerabilidad forma parte del análisis del riesgo, junto con el peligro, sus épocas y la zonificación del territorio. Este análisis y el índice de gravedad potencial son los elementos básicos para la planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales (RD 893/2013).

En la zonificación del peligro se consideran los valores generales a proteger y cuantificación de las previsibles consecuencias, en especial la vida y la seguridad de las personas. Estos valores determinan los mapas de vulnerabilidad y riesgo, que servirán de orientación para la determinación de los medios y recursos de que se deba disponer para las emergencias, así como su distribución territorial.

Índice de gravedad potencial

Se define el índice de gravedad potencial (IGP) de un incendio forestal como “el indicador de los daños que se prevé que puede llegar a ocasionar un incendio forestal, dadas las condiciones en que se desarrolla”. De esta forma, si el incendio afecta a otra naturaleza distinta a la forestal, se entiende que la cuantificación de los daños debe referirse a los que puedan sufrir las infraestructuras, los bienes y las personas junto a los propios bienes de naturaleza forestal.

Siguiendo el RD 893/2013, “la calificación del índice de gravedad potencial de un incendio podrá ser efectuada por el órgano, servicio, o autoridad competente designada en el Plan de Comunidad Autónoma”, por lo que es necesario desarrollar una herramienta que ayude a los Organismos competentes en la cuantificación del riesgo que supone un incendio para las vidas, los bienes y las infraestructuras en el escenario en el que se propaga.

Por otra parte, el Plan Especial frente al riesgo de Incendios Forestales definido por la Comunidad Valencia en virtud de la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil, define cuatro niveles de gravedad del IGP en base al RD 893/2013 (Tabla 1). Indica además que “la calificación del índice de gravedad potencial de un incendio podrá ser efectuada por el órgano, servicio, o autoridad competente designada en el Plan de la Comunidad Autónoma iterando el análisis para controlar la variación de su clasificación con la evolución del incendio y el cambio de las condiciones meteorológicas”.

Tabla 1. Niveles del índice de gravedad potencial (RD 893/2013).

Índice de Gravedad Potencial 0	Referido al incendio que, en su evolución más desfavorable, no supone amenaza alguna para personas no relacionadas con el dispositivo de extinción, ni para bienes distintos a los de naturaleza forestal, y donde el daño forestal esperable es muy reducido (por la extensión del incendio o por las características de la masa afectada).
Índice de Gravedad	Referido al incendio en el que, en su evolución más desfavorable, se prevé la necesidad de la puesta en práctica de medidas para la protección de personas

Potencial 1	ajenas al dispositivo de extinción o donde existan bienes aislados amenazados de naturaleza no forestal, como infraestructuras sensibles o redes de suministros, y donde el daño forestal esperable es considerable (por la extensión del incendio o por las características de la masa afectada).
Índice de Gravedad Potencial 2	Referido al incendio que, en su evolución más desfavorable, se prevé amenace seriamente a núcleos de población o infraestructuras de especial importancia, o donde el daño forestal esperable es muy importante (por la extensión del incendio o por las características de la masa afectada), de forma que exija la adopción inmediata de medidas para la atención y socorro de la población o protección de los bienes.
Índice de Gravedad Potencial 3	Referido al incendio en el que, apreciadas las circunstancias anteriores en su índice máximo de gravedad, concurren otras sobre el dispositivo de extinción que imposibiliten la continuación de su labor encaminada al control del incendio.

Necesidades cartográficas

Siguiendo el Real Decreto 893/2013, para facilitar una movilización eficaz y coordinada de los medios y recursos de extinción y su utilización en situaciones de simultaneidad de incendios forestales es necesario definir un índice de gravedad potencial que incluya variables estáticas (combustible, topografía y catastro) y dinámicas (meteorología):

Variables estáticas

- combustibles existentes y las características de las masas forestales amenazadas;
- topografía, con interés en la pendiente y la orientación del terreno;
- instalaciones e infraestructuras sensibles (tendidos eléctricos, gasoductos, carreteras)
- infraestructuras de defensa contra incendios (cortafuegos, red viaria, reservas de agua)

Variables dinámicas

- condiciones meteorológicas actuales (viento, temperatura, humedad relativa);
- dimensiones del incendio, su comportamiento y las amenazas a la población.

Por tanto, en función de lo expuesto anteriormente, se necesita una un método normalizado de análisis cartográfico de la interfaz urbano-forestal que ayude a la toma de decisiones para cuantificar el índice de gravedad potencial en función de la vulnerabilidad considerada estática, calculada en relación con la protección de vidas y bienes de las zonas de interfaz, y que permita establecer las medidas de autoprotección para la población, bienes e infraestructuras de cualquier incendio de vegetación que pueda originarse.

2. Objetivos

Se establece como único objetivo diseñar un procedimiento normalizado de análisis cartográfico para determinar los índices de vulnerabilidad en la interfaz urbano-forestal.

3. Metodología

Área de estudio

La zona de estudio incluye toda la Comunidad Valenciana, con una superficie de 23.254 Km².

Materiales

Para calcular la vulnerabilidad de la WUI se utiliza la cartografía relacionada con los modelos de combustible, el modelo digital del terreno y los núcleos urbanos y la distribución de las construcciones dispersas en el territorio. Se obtiene la información desde cuatro servidores cartográficos de acceso libre y gratuito:

- Cartografía de Modelos de Combustible de la *Comunitat Valenciana*
Acceso: http://www.icv.gva.es/auto/aplicaciones/icv_geocat/#/results/incendios
- Base Topográfica Nacional
Acceso: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Modelos digitales del terreno de 10 m de resolución de la *Comunitat Valenciana*
Acceso: http://www.icv.gva.es/auto/aplicaciones/icv_geocat/#/results/MDT
- Catastro y construcciones
Acceso: <https://www.sedecatastro.gob.es/Accesos/SECAccDescargaDatos.aspx>

La información se procesa con un sistema de información geográfica de libre acceso.

Tratamiento de los modelos de combustible

Sobre la cartografía de modelos de combustible de la *Comunitat Valenciana* se ha realizado una reclasificación siguiendo los modelos de SCOTT & BURGAN (2005) para obtener el coeficiente de peligrosidad del combustible (CPC) y La separación de los elementos combustibles de los incombustibles (CNO).

El CPC se ha segmentado en 7 categorías. Las seis primeras categorías hacen referencia a elementos combustibles y la séptima afecta a los elementos incombustibles. A las categorías de peligrosidad se les asigna un coeficiente de riesgo siguiendo la metodología incluida en el “anexo III” de la Orden 30/2017, de 20 de noviembre, por la que se unifican y aprueban las normas técnicas para la redacción de planes locales de prevención de incendios forestales. En este anexo se relacionan los coeficientes de riesgo asignados a las categorías de peligrosidad de los modelos de combustible de ROTHERMEL (1972), que de nuevo han sido adaptadas a los parámetros de SCOTT & BURGAN (Tabla 2).

Tabla 2. Peligrosidad de los modelos de combustibles y sus coeficientes (CPC). gr: modelos de pastos (grass); sh, modelos de matorral (shrubs); tu: modelos de matorral bajo arbolado (timber understory); sb: modelos de matorral y restos leñosos junto con arbolado adulto (slash blowdown); nb: modelos incombustibles (nonburnable).

Peligrosidad del combustible	Grupo	Modelo	Coeficiente de peligrosidad del combustible (CPC)
Extrema	Pastizal	gr8	10
Muy alta	Pastizal	gr4, gr7	9
	Matorral	sh5, sh9	
Alta	Sotobosque	tu3	8
	Pastizal	gr2	
	Matorral	sh4	
	Madera derribada	sb3	
Moderada	Sotobosque	tu2, tu5	7
	Matorral	sh3	
Baja	Sotobosque	tu1	6
Muy baja	Matorral	sh1	5
Expuestos	Incombustible	nb1, nb3, nb8, nb9	0

Tratamiento de la cartografía, los MDT y valoración del riesgo de las pendientes

Para determinar la influencia de la pendiente en el comportamiento del fuego se ha analizado la respuesta de los modelos de combustible en diferentes pendientes mediante la calculadora *Behave Plus* considerando la intensidad del fuego prevista como la variable decisora para la categorización del riesgo por pendiente.

Se han estudiado los modelos con valores de peligrosidad “muy alta” en pastos y “muy alta”, “alta” y “moderada” en matorral, segregando los modelos de combustible usados para el análisis de la pendiente (Tabla 3). Se ha considerado que las peligrosidades “extrema”, “baja” y “muy baja” no se verán modificadas significativamente por el efecto de la pendiente.

Tabla 3. Modelos de combustible usados para el análisis de la pendiente. *gr*: modelos de pastos (grass); *sh*, modelos de matorral (shrubs); *tu*: modelos de matorral bajo arbolado (timber understory); *sb*: modelos de matorral y restos leñosos junto con arbolado adulto (slash blowdown); *nb*: modelos incombustibles (nonburnable).

Modelo	Peligrosidad	Grupo	Características principales
gr4	Muy alta	Pastos	Pastizales de altura superior a 1 m. Típico de campos abandonados
sh5	Muy alta	Matorral	Matorral muy denso. Altura superior a 1 m
sh4	Alta	Matorral	Arbustos leños y hojarasca de elevada continuidad.
sb3	Alta	Matorral y restos bajo arbolado	Matorral y restos leñosos junto arbolado adulto, como consecuencia de vendavales, nevadas, plagas, etc.
tu3	Alta	Matorral bajo arbolado	Matorral de más de 1 m de altura, bajo dosel de arbolado adulto tanto de pináceas como de quercíneas
tu2	Moderada	Matorral bajo arbolado	Matorral de menos de 1 m de altura, bajo dosel de arbolado adulto tanto de pináceas como de quercíneas

En los parámetros de entrada demandados por la calculadora para realizar las simulaciones que permitan vincular el comportamiento del fuego con la topografía se han incluido las condiciones de humedad indicadas en la Tabla 4, anulando las condiciones de viento.

Tabla 4. Condiciones de humedad para la simulación del comportamiento de fuego

Intervalos de la pendiente	Intervalo asignado
Humedad 1 h	3%
Humedad 10 h	5%
Humedad 100 h	7%
Humedad del combustible herbáceo vivo	30%
Humedad del combustible leñoso	80%

Valoración del riesgo en la interfaz urbano-forestal

La clasificación de la interfaz urbano-forestal se ha realizado siguiendo las indicaciones del MARM y TECNOMA (2010) y con la cartografía del catastro actualizada el segundo semestre de 2019 y de la cartografía de la Base Topográfica Nacional (BTN100) del Instituto Geográfico Nacional.

Para clasificar las construcciones y determinar el coeficiente de tipo de interfaz (CTI) en la interfaz, se han considerado las siguientes cuatro agrupaciones de construcciones:

La interfaz compacta incluye los núcleos urbanos, polígonos industriales y otros conjuntos de elementos constructivos en los que no existe entre ellos vegetación capaz de transmitir el fuego de

unos a otros. En esta clase el fuego afecta principalmente a la primera línea de construcciones y si hay transmisión de fuego éste se realiza por pavesas u otros medios, pero no mediante la vegetación. Esta clasificación incluye también las construcciones situadas en los barrancos o en sus márgenes. En la evaluación del riesgo se clasifica como “elevado”, y se le asigna un valor de 6.

La zona de intermix es una mezcla uniforme de vegetación forestal y viviendas acompañadas de vegetación ornamental. La agrupación de construcciones es menor y hay más distancia entre ellas que en la clase de interfaz compacta. El fuego puede penetrar y afectar a las construcciones tanto por impacto del propio fuego como por focos secundarios. Generalmente todas las construcciones están expuestas y el fuego causa elevados daños, por lo que se trata de una situación de vulnerabilidad extrema con un riesgo extremo y valor asignado de 10. En el procesado cartográfico se incluyen los núcleos de población secundarios indicados en la BTN y las aglomeraciones que contengan más de 5 construcciones en un radio de 200 m.

Las construcciones dispersas incluyen el conjunto de entre 3 y 5 de ellas, con menor densidad que en la intermix y separadas más de 200 m de otros elementos. En esta clase el fuego tiene capacidad de avanzar y afectar las construcciones tanto por impacto del propio fuego como por focos secundarios provocados por las pavesas. Se considera el riesgo “muy elevado”, con un valor de 8.

Finalmente, las construcciones aisladas (hasta dos en un único elemento) se encuentran a una distancia superior a 200 m de las construcciones más cercanas y se les asigna un riesgo “moderado” y un valor de cálculo de 4 (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficiente del tipo de la interfaz urbano-forestal (CTI).

WUI	Coeficiente del tipo de interfaz (CTI)
Intermix	10
Construcciones dispersas	8
Interfaz compacta	6
Construcciones aisladas	4

Método de cálculo de la vulnerabilidad estática

La cuantificación del riesgo sobre los bienes se realiza determinando la vulnerabilidad de las zonas de interfaz e identificando las de mayor probabilidad de impacto negativo por incendios. Se ha considerado la información derivada de la realidad del territorio como vulnerabilidad estática (V), de poco o muy lento cambio, en contraposición a la vulnerabilidad integrable con otros datos dinámicos (meteorología en la zona, nivel de riesgo de propagación o punto de inicio del incendio).

El comportamiento del fuego es determinado por la peligrosidad del combustible y la influencia de las distintas pendientes en ésta. Esta variable se obtiene multiplicando el coeficiente de peligrosidad del combustible (CPC), por el coeficiente de peligrosidad de la pendiente (CPP). Este resultado se pondera según el coeficiente asignado a cada tipología de interfaz sumando el coeficiente del tipo de interfaz (CTI). Para descartar los valores de los elementos incombustibles se distinguen las zonas combustibles de las incombustibles multiplicando los resultados anteriores por la cartografía de zonas incombustibles (CNOC) (Ecuación 1).

$$V = ((CPC \times CPP) + CTI) \times CNOC \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

- V es la vulnerabilidad estática
- CPC es el coeficiente de peligrosidad del combustible
- CPP es el coeficiente de peligrosidad de la pendiente
- CTI es el coeficiente del tipo de interfaz
- CNOC es el factor de corrección por los elementos no combustibles

4. Resultados y discusión

Asignación de valores de peligrosidad dependientes de la pendiente (CPP)

Las simulaciones en *Behave Plus* indican que los modelos de combustible de peligrosidad muy alta indicados en la tabla 3 generan mayor intensidad de fuego en función de la pendiente (Figura 1).

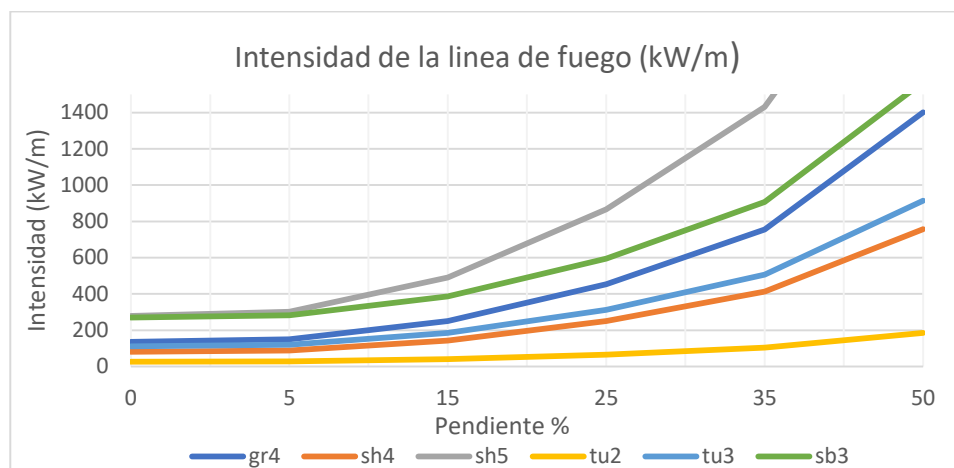


Figura 1. Relación entre la intensidad de fuego y la pendiente. gr4: modelo de pastos (grass); sh4 y sh5, modelos de matorral (shrubs); tu2 y tu3: modelos de matorral bajo arbolado (timber understory); sb3: modelo de matorral y restos leñosos junto con arbolado adulto (slash blowdown).

Para todos los modelos estudiados, en pendientes mayores que 35% los valores de la intensidad incrementan la curva de intensidad de forma notoria, por lo que se considera este valor como límite en el estudio. El valor relacionado con el efecto de la pendiente se obtiene según la iteración de cálculo con distintos factores relacionados con el efecto de la pendiente, variándolos en la calculadora respecto a la situación de pendiente 0 para cada intervalo (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficiente de peligrosidad de la pendiente (CPP). gr4: modelo de pastos (grass); sh4 y sh5, modelos de matorral (shrubs); tu2 y tu3: modelos de matorral bajo arbolado (timber understory); sb3: modelo de matorral y restos leñosos junto con arbolado adulto (slash blowdown).

MODELO	PENDIENTE									
	0 %		5 %		15 %		25 %		35 %	
	Factor	kW/m	Factor	kW/m	Factor	kW/m	Factor	kW/m	Factor	kW/m
gr4	1	137	1,09	150	1,83	251	3,31	453	5,52	756
sh4	1	82	1,09	89	1,74	143	3,06	251	5,04	413
sh5	1	279	1,08	302	1,76	490	3,10	866	5,13	1431
tu2	1	26	1,08	28	1,58	41	2,54	66	4,04	105
tu3	1	112	1,07	120	1,65	185	2,79	313	4,52	506
sb3	1	270	1,05	283	1,43	387	2,20	595	3,36	907
Pte. media - intervalo	0 - 5 %	1,04	5 - 15 %	1,38	15 - 25 %	2,25	25 - 30 %	3,72	> 35 %	5

La relación entre la pendiente y la intensidad de calor emitida por los modelos de combustible (en $\text{kW}\cdot\text{m}^{-1}$) según la variación de este factor genera diferentes curvas de crecimiento. La media de la pendiente en cada tramo para cada una de esas curvas define el coeficiente de peligrosidad de la pendiente (CPP) (Tabla 7).

Tabla 7. Coeficiente de peligrosidad de la pendiente (CPP)

Intervalos de la pendiente	Coeficiente de peligrosidad de la pendiente (CPP)
----------------------------	---

< 1%	1
1 – 5 %	1,04
5 – 15 %	1,38
15 – 25 %	2,25
25 – 35 %	3,72
> 35 %	5

Detección de tipos de interfaz

Para la determinación de la vulnerabilidad se ha definido una anchura de cincuenta metros en la zona de contacto entre las construcciones y el medio natural según la normativa vigente. En la interfaz compacta, según las instrucciones proporcionadas al sistema de información geográfica, se detectan núcleos urbanos, polígonos industriales y otros conjuntos de elementos constructivos en los que no existe entre ellos vegetación capaz de transmitir el fuego de unos a otros. En la intermix, sin embargo, se distingue que la agrupación de construcciones es menor y hay más distancia entre ellas que en la clase de interfaz compacta (Figura 2).



Figura 2. Diferencias entre áreas compactas e intermix.

En las construcciones se detectan entre 3 y 5 de ellas, con menor densidad que en la intermix y separadas más de 200 m de otros elementos (Figura 3). Las construcciones aisladas (hasta dos en un único elemento) se encuentran a una distancia superior a 200 m de las construcciones más cercanas (Figura 4).



Figura 3. Detección de construcciones dispersas.



Figura 4. Construcciones aisladas.

Intervalos de clasificación de la vulnerabilidad estática

La aplicación de la Ecuación 1 para el cálculo de la vulnerabilidad estática utilizando los coeficientes de peligrosidad del combustible (CPC), la pendiente (CPP) según los valores obtenidos

por la iteración en la calculadora de incendios y de del tipo de interfaz (CTI) corregidos por el factor CNOC de elementos no combustibles proporciona valores entre 0 y 60 (valor adimensional). Este rango ha servido para definir las siete clases de vulnerabilidad (Tabla 8).

Tabla 8. Intervalos de clasificación de la vulnerabilidad estática

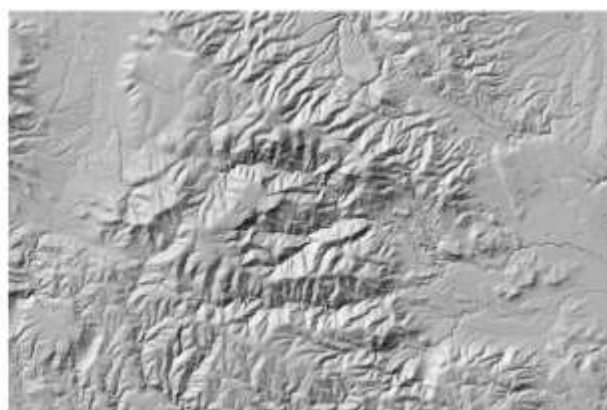
Vulnerabilidad	Intervalo	Vulnerabilidad	Intervalo
<i>Extrema</i>	51 - 60	Baja	11 - 20
<i>Muy alta</i>	41 - 50	Muy baja	1 - 10
<i>Alta</i>	31 - 40	Incombustible	0
<i>Moderada</i>	21 - 30		

Visualización de las capas de información cartográfica

Se ha integrado toda la información derivada del tratamiento cartográfico de las bases de datos según la reclasificación propuesta (Figura 5). El resultado del análisis sobre el territorio proporciona visualizaciones muy definidas (Figura 6).



ORTOFOTO



PENDIENTE DEL TERRENO



PELIGROSIDAD DEL COMBUSTIBLE



EDIFICACIONES

Figura 5. Capas integradas en el cálculo de la vulnerabilidad con la ortofoto como referencia.

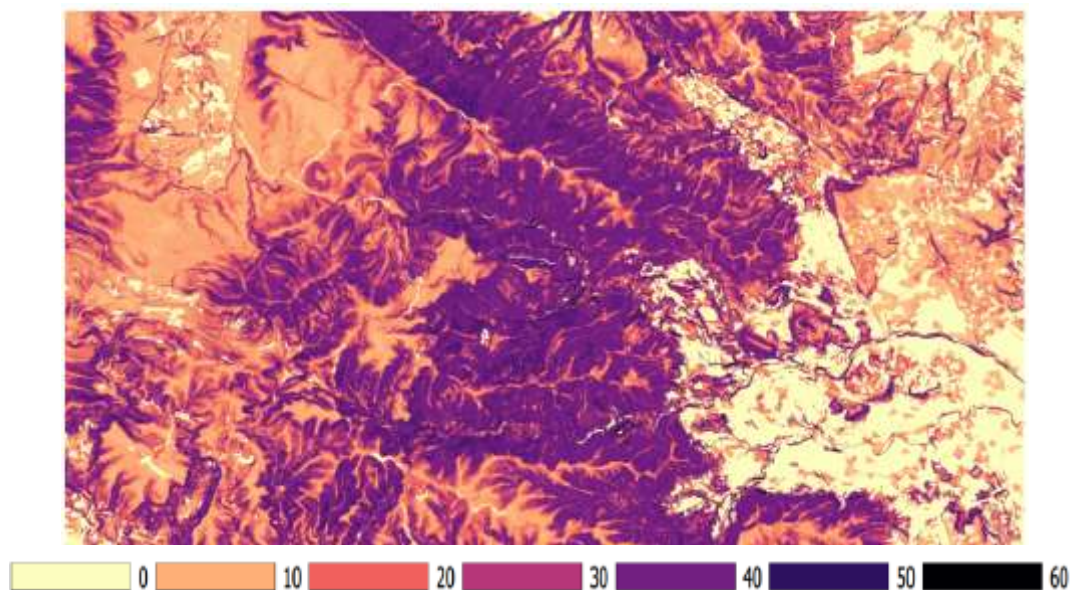


Figura 6. Resultado del análisis de la vulnerabilidad estática en el territorio. Representación agrupada en valores extremos del intervalo de vulnerabilidad: 0, incombustible; 10, muy baja; 20, baja; 30, moderada; 40, alta; 50, muy alta; 60, extrema.

Mapa de la vulnerabilidad estática en la Comunidad Valenciana

La aplicación de esta metodología genera un mapa con resolución decamétrica para toda la Comunidad Valenciana (Figura 7).

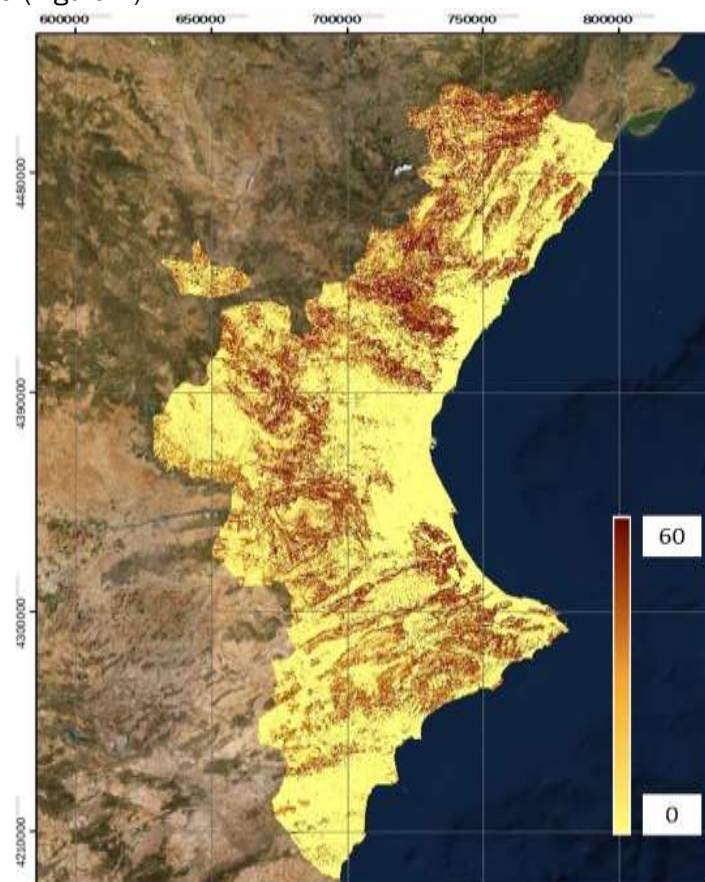


Figura 7. Mapa de la vulnerabilidad estática de la Comunidad Valenciana.

5. Conclusiones

Se ha definido una metodología para calcular la vulnerabilidad estática como una capa de información cartográfica integrable en el índice de gravedad potencial y con otros datos dinámicos como la meteorología en la zona del incendio en tiempo real, las previsiones meteorológicas, el nivel de riesgo actualizado o el punto de inicio de incendio de tal forma que la valoración del índice de gravedad potencial tenga la suficiente información para ser utilizado en tiempo real durante la extinción de un incendio como una variable decisoria.

La información cartográfica obtenida es aplicable a la planificación preventiva para identificar, en los planes de autoprotección, las áreas que requieren un nivel de tratamiento de mayor intensidad para disminuir la afección del fuego a las construcciones. Además, durante el incendio forestal proporciona información precisa sobre el estado de la interfaz, el número de inmuebles y el grado de daños que pueden sufrir los bienes, lo que permitirá distribuir de una forma más eficiente los medios de extinción de incendios.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a las Emergencias mediante el Convenio para la Investigación en Incendios Forestales, 2020-2021 (Línea S0690000 del programa 221.10 "Emergencias, protección civil y extinción de incendios).

7. Bibliografía

CABALLERO, D.; 2008. Wildland-urban interface fire risk management: WARM project. En GONZÁLEZ-CABÁN, A. (ed.): Proceedings of the Second International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View. 473-484. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, CA.

CVJ - Conselleria de Governació y Justícia Ed.; 2014. Guía Metodológica de Actuaciones de Prevención, Defensa y Autoprotección en la Interfaz Urbano-Forestal. Recuperado de: <http://www.agroambient.gva.es/>. Última visita, enero de 2022.

FAO (Ed.); 2002. Guidelines on Fire Management in Temperate and Boreal Forests. Forest Protection Working Papers, Working Paper FP/1/E. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. Rome.

HERMANSEN-BAEZ, L.A.; SEITZ, J.; MONROE, M.; 2013. Wildland-Urban Interface: Key Issues. *EDIS* (3). <https://doi.org/10.32473/edis-fr264-2013>.

Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana. Boletín Oficial del Estado, 231, de 23 de septiembre de 2014, páginas 74030 a 74200 (171 págs.). Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/09/23/pdfs/BOE-A-2014-9625.pdf>. Última visita, febrero de 2021.

Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. Boletín Oficial del Estado, 164, de 10 de julio de 2015, páginas 57409 a 57435 (27 págs.). Recuperado de:

<https://www.boe.es/boe/dias/2015/07/10/pdfs/BOE-A-2015-7730.pdf>. Última visita, enero de 2022.

MARM y TECNOMA; 2010. Estudio básico para la protección contra incendios forestales en la interfaz urbano forestal. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Madrid.

Orden 30/2017, de 20 de noviembre, por la que se unifican y aprueban las normas técnicas para la redacción de planes locales de prevención de incendios forestales. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana, 8181, de 30 de noviembre 2017, páginas 44256 a 44370 (115 págs.). Recuperado de: http://www.dogv.gva.es/datos/2017/11/30/pdf/2017_10697.pdf. Última visita, enero de 2022.

QUÍLEZ, R.; 2016. La gestión del riesgo en la interfaz urbano forestal. *Foresta*, 65: 20-22.

QUÍLEZ, R.; BOTELLA, M.A.; SORIANO, J.L.; CALVO, J.A.; 2016. Manual del Curso de Interfaz Urbano-Forestal (WUI). Instituto Valenciano de Seguridad Pública y Emergencias. Ed., Valencia.

RADELOFF, V.C.; HAMMER, R.B.; STEWART, S.I.; FRIED, J.F.; HOLCOMB, S.S.; MCKEEFRY, J.F.; 2005. The Wildland–Urban Interface in the United States. *Ecological Applications*, 15(3): 799–805.

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. Boletín Oficial del Estado, 293, de 7 de diciembre de 2013, páginas 97616 a 97638 (23 págs.). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/07/pdfs/BOE-A-2013-12823.pdf>. Última visita, febrero de 2021.

ROTHERMEL, R. C.; 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Res. Pap. INT115. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 40 p

SCOTT, J.H.; BURGAN, R.E.; 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 72 p.

USDA; USDI; 2001. Urban wildland interface communities within vicinity of Federal lands that are at high risk from wildfire. *Federal Register* 66: 751– 777.