



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



Diseño de infraestructuras defensivas y caracterización del riesgo para la Interfaz Urbano - Forestal de Girona y Barcelona mediante procesos automatizados a partir de datos cartográficos públicos

NOGUERA FONT, S.¹, DALMAU – ROVIRA, F.¹, PIPIÓ ADROHER, M.², RAÏCH CAMPS, P.³, QUINTO PERIS, F.¹ y BELENGUER PERIS, E.¹.

¹ Medi XXI GSA.

² Diputació de Girona.

³ Diputació de Barcelona.

Resumen

La gestión de la Interfaz Urbano Forestal requiere disponer de datos oficiales para ejecutar actuaciones. Resulta fundamental para explicar a la ciudadanía la adopción de medidas y su orden de prelación establecer criterios objetivos para priorizar inversiones y para dimensionar las actuaciones tanto públicas como privadas. Este trabajo, promovido por las Diputaciones de Girona y Barcelona, caracteriza el riesgo de padecer daños a escala de vivienda para la totalidad de edificaciones de ambas provincias. Mediante procedimientos cartográficos automatizados en Barcelona se han analizado 483.996 edificaciones (un 35% presentan riesgo Muy Alto o Alto) y en Girona 204.531 (un 31% presentan riesgo Muy Alto o Alto). El desarrollo de herramientas de datos específicas ahorra costes, establece criterios objetivos para desarrollar actuaciones, (bajo criterios físicos de radiación, longitud de llama...) y prioriza tratamientos interiores en aquellos núcleos más sensibles ante el posible impacto contra las edificaciones. El resultado obtenido consiste en una cartografía pública que permite a las Diputaciones dimensionar infraestructuras objetivamente más allá del mínimo legal y además una difusión preventiva del riesgo al que está expuesta cada edificación. Complementariamente, permitirá a Bombers de la Generalitat realizar un pre-triaje a partir de datos sobre si una estructura es defendible o no.

Palabras clave

Interfaz Urbano Forestal, gestión, forestal, incendios forestales, viviendas, cartografía, radiación, riesgo, autoprotección, defendibilidad, combustible, franja, vegetación, priorizar, decisiones.

1. Introducción

Los incendios forestales, junto con la acción humana, han sido siempre dos de los principales elementos modeladores del paisaje, especialmente en el ámbito mediterráneo. Las acciones antrópicas, especialmente aquellas destinadas a la apertura de zonas para el cultivo o la extracción de recursos naturales, así como el propio asentamiento humano y su desarrollo urbanístico, generan alteraciones en el territorio. El modelo de desarrollo urbanístico llevado a cabo en gran parte de las zonas litorales mediterráneas, en las que la preferencia constructiva, entre otras, se ha desarrollado en o junto a terreno forestal, ha insertado a la población en zonas de alto riesgo por incendio forestal. Generando así, una amplia Interfaz Urbano-Forestal (o IUF), que se define como "la zona donde se encuentran o mezclan viviendas y otras estructuras antrópicas con vegetación forestal y otros combustibles vegetales, lo que requiere un modelo de protección distinto del que se aplica en el terreno forestal" (S.E.C.F., 2005). Cabe señalar, además, que este paisaje moldeado ha sufrido el progresivo abandono de los usos tradicionales del suelo, con su posterior recolonización natural; así como, sus zonas de transición urbano-forestales, no han sido debidamente tratadas para disminuir su peligrosidad, ello refleja el desconocimiento de los riesgos que conlleva vivir en estos entornos por parte de sus propietarios, adaptados a una sociedad urbanita, desapegada de la naturaleza.

La coexistencia del fuego como elemento moldeador del paisaje junto con la presencia de estas zonas pobladas vulnerables y, en contacto o expuestas a la vegetación circundante, posibilita el impacto y la propagación del fuego a través de ellas.

Esto permite hablar de una nueva generación de incendios, la cuarta, con nuevas dificultades para los servicios de extinción (Castellnou, 2005). En efecto, algunos de los incendios acontecidos en Cataluña en el singularmente cálido agosto de 2003 presentaron estas características (Sant Llorenç Savall, 4.579 ha; Maçanet, 1.279 ha; Playa d'Aro, 429 ha). Las condiciones meteorológicas extremas de humedad y temperatura, combinadas con viento y fuerte inestabilidad, dieron lugar a fuegos de copas con múltiples focos secundarios que propagaron hacia las urbanizaciones y las atravesaron (Castellnou, 2005).

Los incendios forestales afectando zonas pobladas suponen un problema de gestión de emergencias de primera magnitud. Por sus características, la Interfaz Urbano – Forestal requiere de modelos de gestión territorial específicos y diferentes a los que se aplican a otros territorios en materia de defensa forestal.

Para abordar el riesgo o los riesgos derivados del fuego que pueden afectar a este tipo de zonas resulta necesario estimarlo y caracterizarlo, para, posteriormente, implementar actuaciones localizadas que traten de minimizarlo. Estos tratamientos, a su vez, deberán plantearse bajo criterios de efectividad y eficiencia, en términos de seguridad y gestión forestal.

2. Objetivos

El presente trabajo pretende caracterizar el riesgo frente a la radiación de las construcciones presentes en las provincias de Girona y Barcelona, así como el dimensionado de las infraestructuras defensivas necesarias para la protección ante los incendios en zonas habitadas localizadas en Interfaz Urbano-Forestal. La utilización de variables físicas del comportamiento del fuego forestal como herramienta de trabajo permite establecer criterios objetivos para el diseño de infraestructuras defensivas. Los criterios físicos como la intensidad de radiación, el contacto de llama o la longitud de llama, permiten estimar si la infraestructura planteada es o no defendible. Además, el resultado permite orientar y priorizar tratamientos interiores en aquellos núcleos más sensibles al paso del fuego y al posible impacto con edificaciones.

La caracterización del riesgo de las construcciones frente a la radiación se usa para obtener una cartografía que facilite la difusión del riesgo a nivel vivienda, bajo unas condiciones estándares, que permita realizar un pretriaje inicial en función de su exposición a la radiación incidente de su entorno.

3. Metodología

La radiación térmica es una radiación electromagnética (propaga a la velocidad de la luz) y se emite en todas las direcciones. Esta radiación, al impactar con los cuerpos, puede ser absorbida, reflejada o transmitida, pudiendo generar efectos negativos si esta se prolonga en el tiempo.

Los softwares de simulación del comportamiento del fuego actuales permiten estimar variables como el potencial radiativo de un territorio generado a partir de cada uno de los elementos que componen el paisaje. Los datos de topografía y vegetación empleados para estimar la dinámica del fuego, a lo largo del trabajo, han sido obtenidos a partir de los datos de telemetría LIDAR (vuelo realizado entre abril de 2016 y octubre de 2017), facilitadas por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC), con una densidad mínima de 0,5 puntos/m².

Una vez calculada esta intensidad de radiación que se da de manera potencial en el territorio, se debe incorporar la presencia de los elementos vulnerables susceptibles de recibirla. Estos elementos se corresponden con cada una de las construcciones existentes en el entorno de trabajo. La Base Topográfica Nacional, ofrece datos topográficos y temáticos, en formato *shapefile* a escala 1:25.000, que integra información de edificaciones y construcciones de los catastros nacionales, Comunidades Autónomas y otras fuentes oficiales de las Administraciones Públicas, estos archivos permiten disponer de la información constructiva de ambas provincias. La presencia de este elemento vulnerable, automáticamente heredará la exposición a la radiación emanada por su entorno inmediato. A partir del valor máximo de radiación que incide sobre la construcción, mediante herramientas de cálculo disponibles en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se obtiene el nivel de riesgo frente a este elemento de peligro.

Obtenida la intensidad de radiación potencial del territorio, y conociendo el efecto teórico que se deriva de su proyección sobre las construcciones presentes en el mismo, el resultado ofrece un primer triaje de viviendas en función de su riesgo asociado a la radiación incidente. Este cálculo, obtenido de manera automatizada, permite conocer el riesgo asociado a la radiación de manera individualizada por cada una de las construcciones del territorio ámbito de estudio. Por ello, cada propietario puede conocer el riesgo de su construcción, y actuar en consecuencia para reducirlo.

Las consecuencias de la radiación térmica dependen de la intensidad de la radiación (kW/m^2). Por ello, es necesario establecer una clasificación de este nivel radiativo teórico que puede afectar a las viviendas y a los elementos vulnerables que las componen. Así pues, en base a los efectos teóricos de la radiación sobre los elementos que puedan estar presentes a las edificaciones, se puede elaborar un índice que permita clasificar y comparar su nivel de riesgo asociado. Para ello se establece el siguiente índice agrupado cuatro categorías de acuerdo a sus efectos:

Tabla 1. Efectos de la radiación calórica incidente, niveles de daño para varios flujos térmicos. Fuente: IR-S-02 (PDVSA, 2004). Elaboración propia.

Intensidad de radiación (kW/m^2)	Efectos de la radiación calórica incidente	Rangos de intensidad	Índice de Nivel de riesgo de las construcciones
1,39	La piel humana puede estar expuesta un periodo largo de tiempo sin presentar efectos adversos. (Bruttner, 1951)	$\leq 4 \text{ kW/m}^2$	Bajo
1,5	Máximo soportable para personas con vestimenta normal y un tiempo prolongado		
2,5	Dolor después de 40 segundos de exposición (sin protección)		
4	Quemaduras de primer grado, suficiente para causar dolor si la exposición es mayor a 20 segundos	$4 - 7 \text{ kW/m}^2$	Moderado
5	Quemaduras de segundo grado en la piel después de una exposición de 30 segundos. (Stoll y Greene, 1959)		
7	Exposición máxima con protección completa (EPI) para un periodo de 90 segundos	$7 - 20 \text{ kW/m}^2$	Alto
8	Umbral de letalidad en un tiempo de exposición de 1 minuto		
10	Dolor después de 3 segundos de exposición (sin protección)		
12	Fusión de los plásticos y elementos de fachada. (Gelderblom, 1980)		
13,5	Energía mínima para dañar materiales de bajo punto		

Intensidad de radiación (kW/m^2)	Efectos de la radiación calórica incidente	Rangos de intensidad	Índice de Nivel de riesgo de las construcciones
	de fusión (aluminio, soldaduras...)		
20	Máxima radiación incidente tolerable de los acristalamientos	> 20 kW/m^2	Muy Alto
22,1	Límite de exposición segura de los depósitos de almacenamiento de GLP. (Martinsen, Johnson, y Millsap, 1989)		
31,5	Estructuras de madera prenden espontáneamente (exposición 15-20 min). U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD)		
37,5	100% de mortalidad en 1 minuto		
45	Ignición de madera en 20 segundos		

En la siguiente imagen, a modo de ejemplo ilustrativo, se muestra el potencial radiativo en el entorno de la Urbanización Montbarbat (Maçanet de la Selva, Girona), en ella aparecen las construcciones clasificadas de acuerdo a los efectos de la radiación máxima que incide sobre las mismas de acuerdo al índice mostrado en la tabla 1. La propia cartografía de intensidad de radiación potencial, asociada a la mayor presencia de vegetación, permite a los técnicos y gestores conocer en qué zonas será necesario actuar; mientras que la capa de riesgo asociado a las construcciones, permite a los titulares de las mismas valorar su riesgo.

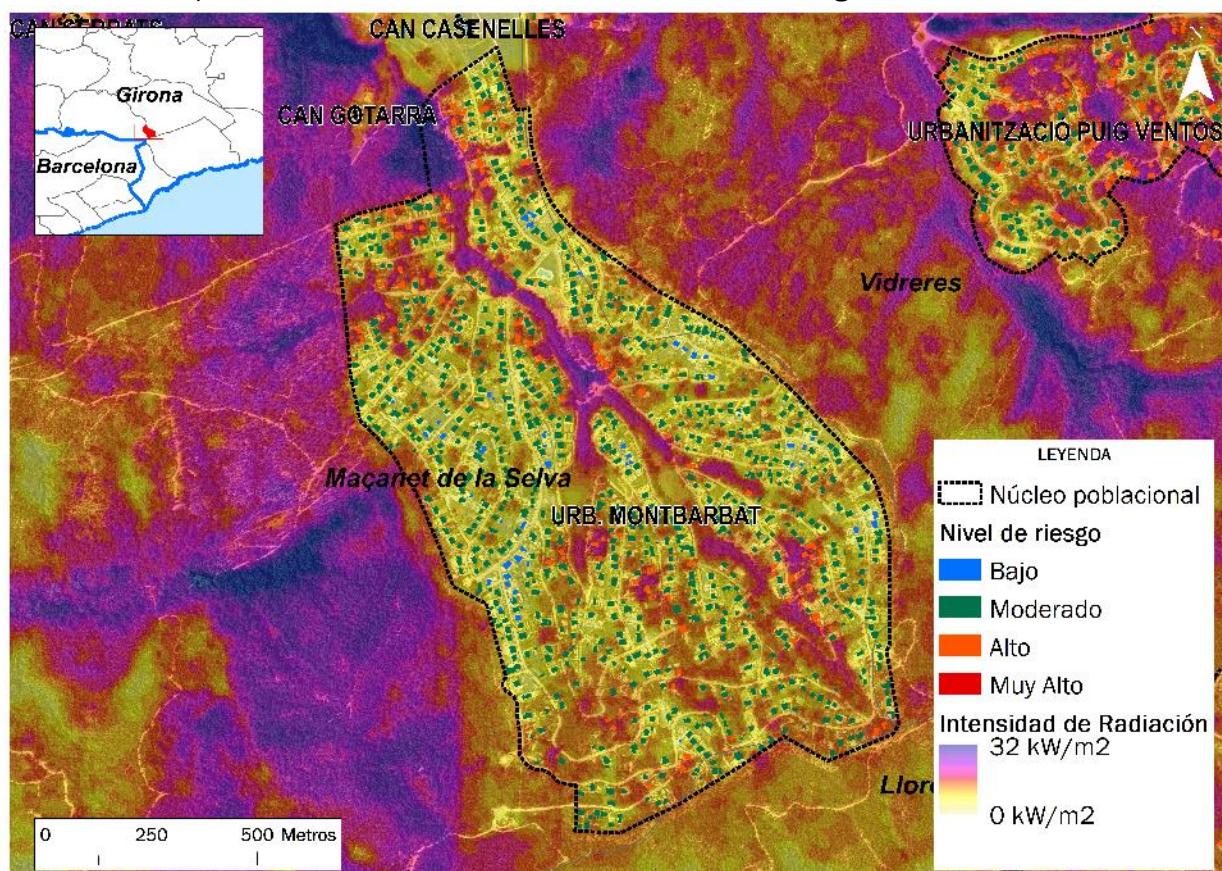


Figura 1. Intensidad de radiación estimada para el entorno de la Urb. Montbarbat (Maçanet de la Selva, Girona). La intensidad de radiación se ha superpuesto sobre la ortofotografía para facilitar la comprensión de los resultados. Los tonos morados intensos indican mayor intensidad y se asocian a zonas con mayor presencia de vegetación,

mientras que los tonos cálidos indican menor intensidad. En la imagen aparece superpuesta la capa de construcciones a las que se le ha asociado el valor de riesgo tras su exposición obteniendo así: niveles bajo (color azul), moderado (color verde), alto (color naranja) y muy alto (color rojo).

En cuanto al dimensionamiento de infraestructuras defensivas, los simuladores informáticos además de parámetros como la intensidad de radiación, ofrecen otras variables del comportamiento del fuego, como es la longitud de llama (Byram, 1959). La longitud de llama es utilizada, entre otras cosas, por los equipos de extinción para establecer zonas mínimas de seguridad y zonas seguras. En el caso del dimensionado de infraestructuras perimetrales, se busca de igual manera un mínimo de seguridad, sobre todo, para favorecer la seguridad de los combatientes que puedan estar trabajando en el perímetro de los núcleos poblacionales o de las urbanizaciones. Esta distancia mínima de seguridad se ha establecido en cuatro veces la altura de la llama. Con lo que, a partir de los procesos cartográficos mediante SIG, permite establecer en el territorio un dimensionado de las infraestructuras defensivas perimetrales a zonas habitadas.

El proceso de cálculo y medición cartográfico requiere de un punto de partida sobre el que anclar la actuación, por ello es necesario disponer de los perímetros de los entornos urbanizados a defender, por ello se han empleado: por un lado, las delimitaciones oficiales facilitadas por sus respectivas diputaciones, considerando el límite administrativo; por otro lado, para complementar y ampliar los núcleos y urbanizaciones presentes en el entorno forestal, se ha utilizado la cartografía de los núcleos de población recogidos nuevamente en la Base Topográfica Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Cabe señalar que la delimitación oficial o cartográfica no supone una interrupción de la vegetación, dado que se dan situaciones en la que el perímetro no queda bien definido (situaciones de IUF en intermix, por ejemplo). Dada la escala de trabajo, se establece este perímetro como punto de partida válido para proyectar las actuaciones. No obstante, este hecho remarca la necesidad de actuar y gestionar tanto hacia fuera como hacia dentro de los núcleos.

Una vez se disponen de los perímetros que delimitan los núcleos poblacionales, se aplica la fórmula para el cálculo del distanciamiento perimetral en base a la longitud de la llama, permitiendo así, proyectar la anchura necesaria para generar una zona de seguridad en el entorno de la urbanización. Nuevamente se emplean herramientas SIG para su dimensionado, permitiendo automatizar el distanciamiento necesario en todo el escenario de estudio.

La ilustración inferior permite comparar el cambio de intensidades de radiación nuevamente para el entorno de la Urbanización Montbarbat (Maçanet de la Selva, Girona). En su perímetro se ha estimado la anchura necesaria de acuerdo a los parámetros físicos descritos. Una vez establecida su anchura, se ha editado el LIDAR perimetral, a modo de eliminación completa de la vegetación (simulando el tratamiento dimensionado mediante esta metodología). Al distanciar la fuente de emisión, la intensidad de radiación varía notablemente de manera perimetral. Esto tiene consecuencias directas sobre la radiación que incide sobre las construcciones en su zona de influencia.

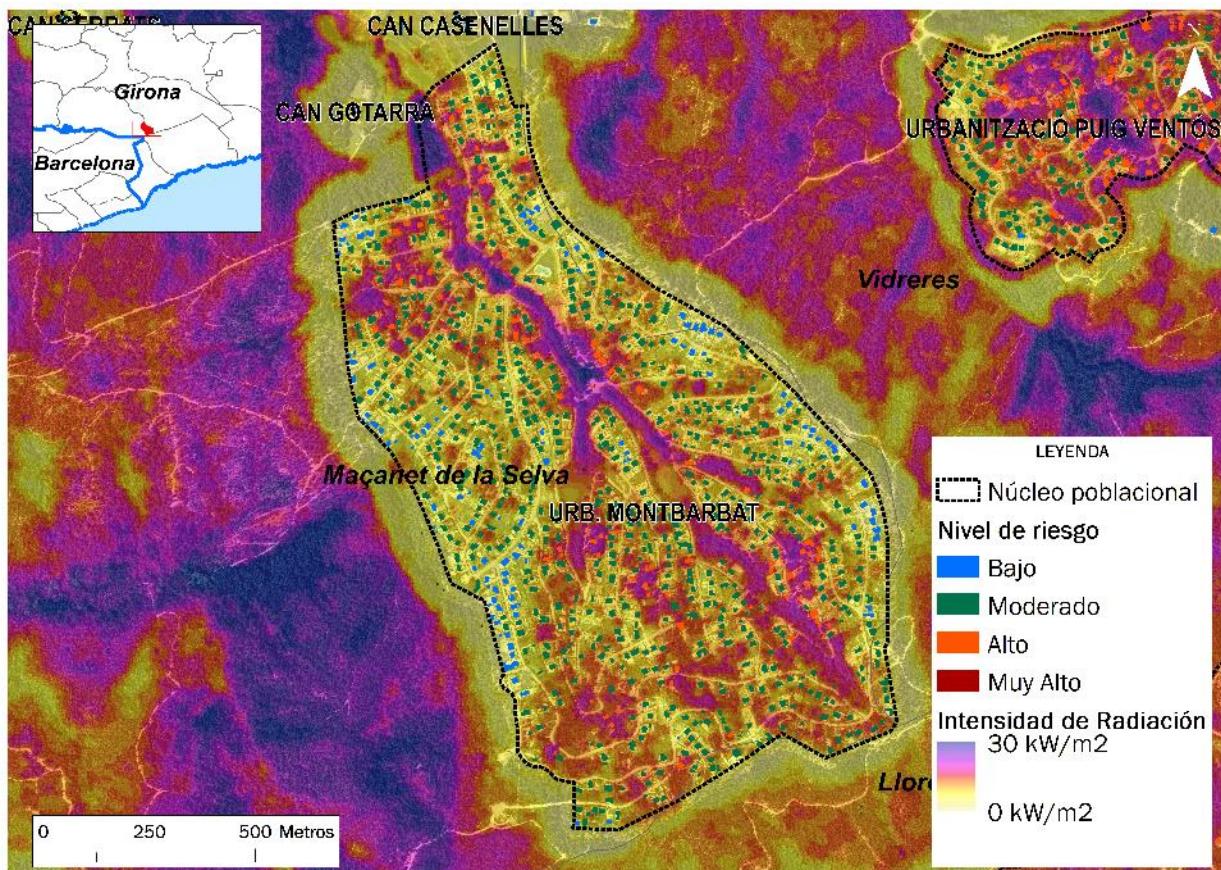


Figura 2. Distanciamiento estimado para ejecutar actuaciones preventivas en el entorno de la Urb. Montbarbat (Maçanet de la Selva, Girona). La intensidad de radiación aparece modificada en la zona perimetral de la urbanización (colores amarillos) en comparación con la figura anterior. Como consecuencia, la radiación incidente sobre las construcciones perimetrales también se ha visto alterada, por lo que su nivel de riesgo varía.

4. Resultados

En lo que respecta a los resultados cartográficos obtenidos tras el procesado de la intensidad de radiación en el ámbito provincial. En total se ha calculado el riesgo asociado a la radiación de 204.531 edificaciones para la provincia de Girona y de 483.996 edificaciones para la provincia de Barcelona, indistintamente del tipo de edificación, tamaño o localización de las mismas respecto a la masa forestal.

Para la provincia de Girona, de las 204.531 construcciones, 158 (el 0,08%) recibiría una intensidad potencial teórica de radiación que superaría los 20 kW/m², bajo estas condiciones, la radiación es capaz de agrietar el cristal de las ventanas o desencadenar otros efectos en cadena como deflagraciones de los depósitos de GLP (en caso de estar presentes y expuestos en la parcela afectada por la radiación). Un 30,47% de las edificaciones recibirían una intensidad superior a los 7 kW/m², considerada como “Alta”, según la clasificación empleada. Por otro lado, más de la mitad de las construcciones estudiadas (concretamente el 55,43% de las mismas) recibirían intensidades por encima de los 4 kW/m², por lo que su nivel de riesgo frente a la radiación se considera moderado. El 14,02% restante, correspondería con construcciones con niveles de riesgo bajos. Estos resultados se muestran en la figura inferior:

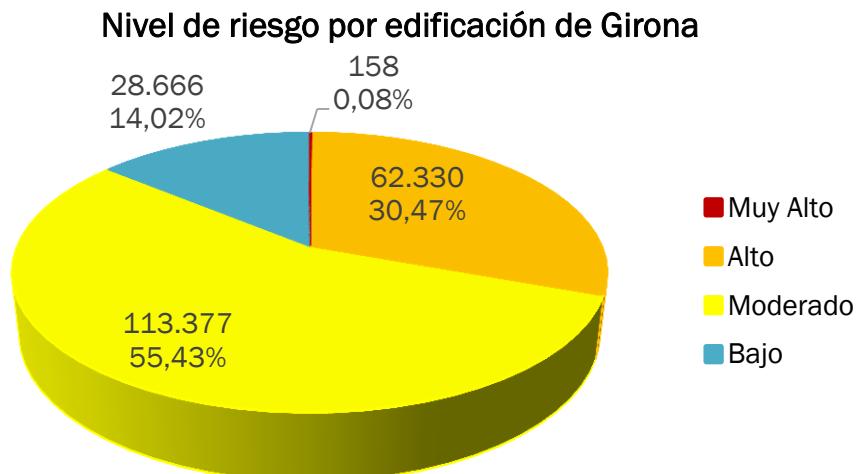


Figura 3. Nivel de riesgo por construcción para la provincia de Girona.

En lo que respecta a la provincia de Barcelona, de las 483.996 edificaciones analizadas, 2.626 (el 0,54%) se expondrían a una intensidad teórica de radiación superior a los 20 kW/m², que, como se ha comentado, implica un riesgo sobre puntos vulnerables de las edificaciones como es el caso de las ventanas con elementos de vidrio expuesto. Un 34,57% de las construcciones recibirían una intensidad superior a los 7 kW/m², que indica un riesgo “Alto” frente al poder radiante de la vegetación, que dificulta o limita las labores de extinción en este entorno. Mientras que, más de la mitad de las edificaciones estudiadas en Barcelona (el 52,11%) recibirían una intensidad mayor a 4 kW/m², al cual equivale un nivel de riesgo moderado. Por último, el 12,78% de las edificaciones estarían por debajo de esta radiación incidente (riesgo bajo).

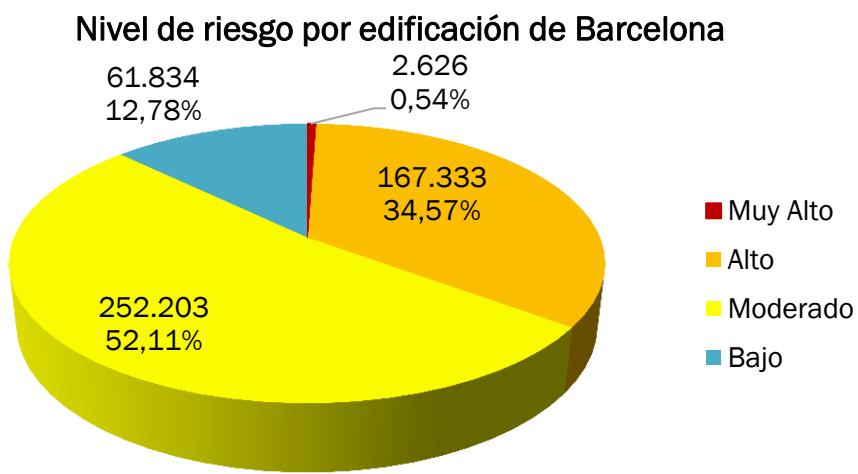


Figura 4. Nivel de riesgo por construcción para la provincia de Barcelona.

Por último, en cuanto al dimensionado de las actuaciones perimetrales, partiendo de la premisa que el distanciamiento de la vegetación en estas zonas de borde, como resultado de la actuación y gestión del combustible, tendrá una relación directa sobre la intensidad de radiación que recibe cada una de las construcciones perimetrales debido a factores como reducción de la carga de combustible, altura de la vegetación, o a que la propia intensidad decrece de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde una fuente emisiva puntual. Esto permite estimar la efectividad de las mismas. Para ello, siguiendo con el ejemplo la Urbanización

Montbarbat (Maçanet de la Selva, Girona), que se muestra en el Apartado 3, se plantean 3 tipos de actuaciones perimetrales sobre tres escenarios:

- i. La no actuación (estado actual), que sirve de parámetro control;
- ii. la actuación mediante franja perimetral de 25 metros, acorde con la Ley 5/2003, de 22 de abril, de medidas de prevención de incendios forestales en las urbanizaciones, los núcleos de población, las edificaciones y las instalaciones situadas en terrenos forestales (DOGC 3879 de 8.5.2003);
- iii. y la actuación denominada “franja redimensionada”, calculada acorde al distanciamiento necesario para generar una zona de protección en base a la longitud de llama.

Cabe señalar que en las acciones en las que se realiza gestión del combustible, esta equivale a una eliminación completa del mismo, para facilitar los cálculos y su visionado. La variación en el número de construcciones con riesgo frente a la radiación, en cada uno de los escenarios descritos, permitirá validar la efectividad de la actuación.

Relación nivel de riesgo construcciones según el distanciamiento del tratamiento perimetral a la Urb. Montbarbat

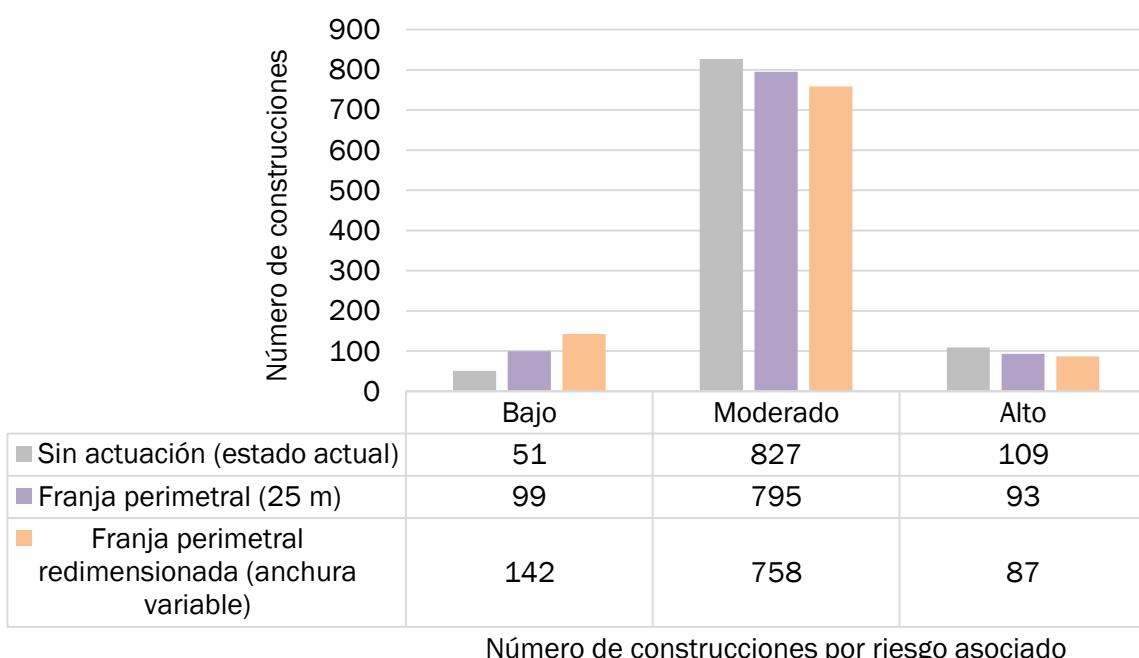


Figura 5. Nivel de riesgo por construcción para la Urb. Montbarbat en función del tipo de tratamiento planteado.

5. Discusión

Del trabajo del análisis cartográfico de las 688.527 construcciones analizadas entre ambas provincias, se extrae una primera aproximación al potencial de afección de las construcciones frente a un elemento de peligro como es la radiación. Donde, más de un tercio de las construcciones (aquellas catalogadas con niveles altos y muy altos) recibirían, en caso de arder su entorno, una radiación superior a 7 kW/m². Esto condicionaría la defensa de las mismas, dado que esta radiación supera el umbral de protección de los EPIs forestales (Butler & Cohen, 1998). Si bien, es necesario señalar que, el potencial recogido en el territorio, muestra una instantánea de la radiación que

emite este territorio en el momento en el que se toman los datos. Cualquier cambio en el mismo realizado a posteriori, alteraría el resultado. Por ello, se considera conveniente hacer un seguimiento de la evolución territorial (abandono, gestión del combustible, creación de nuevas construcciones, etc.) a lo largo del tiempo. Por otro lado, surge señalar que la no intervención de la masa forestal en el entorno de las construcciones y de los núcleos poblacionales, en un entorno mediterráneo en el que se da el presente estudio, supone un incremento de su carga. La carga esta está ligada a la velocidad de avance lineal del frente del incendio, por lo que, de igual modo, está directamente relacionada con la intensidad de radiación, de acuerdo a las fórmulas de Byram (Byram, 1959). La no intervención de la masa forestal en estas zonas, a lo largo del tiempo, supone, por tanto, un incremento del número de construcciones en mayor riesgo frente al flujo radiativo.

Entre las limitaciones que presenta la metodología empleada, destacar que, dado que se parte de cartografía de la Base Topográfica Nacional, no es posible diferenciar entre construcciones y viviendas de uso residencial, así como de otro tipo de establecimientos residenciales, como pueden ser los complejos de apartamentos u hoteles. Para ello se debe emplear como referencia la información catastral por localidad, con lo que requiere de mayor tiempo para generar la base datos de partida. Si bien, siempre existirá una pérdida de información tras el paso de formato real a formato vectorial (desfase temporal, simplicidad geométrica de la realidad, deslindes perimetrales que no se ajustan, etc.), así como del propio trabajo cartográfico y sus herramientas. De igual modo ocurre, como ya se ha comentado, con los perímetros de los entornos urbanizados, que no suponen una delimitación física real del entorno de trabajo. Para mejorar este aspecto, el análisis debería realizarse núcleo a núcleo, no siendo técnica y económicamente viable a la escala provincial a la que se ha desarrollado el presente trabajo.

El empleo de información LIDAR para conocer valores como la altura de la vegetación, por otro lado, también presenta limitaciones, ya que estará siempre ligada al número de puntos por metro cuadrado de esta fuente de datos, así como de la continuidad horizontal y vertical debajo del dosel arbóreo, la cual no es capaz de recopilar. Esto supone otorgar mayores valores radiativos en zonas con continuidad de copas y sin carga de superficie.

Los elementos vulnerables, como son las construcciones, estarán condicionados por su exposición en el tiempo. Como se ha comentado, el resultado extraído no es una simulación de un incendio, que progresó desde su inicio hasta su extinción. Es una instantánea del potencial máximo radiativo del entorno, el cual se relaciona con la susceptibilidad de los posibles elementos que configuran o pueden constituir una construcción. Por ello, no es el resultado del tiempo de emisión de radiación de la vegetación y, sino del pico máximo potencia, y sus posibles consecuencias.

En relación a estas consecuencias sobre los elementos vulnerables, un mayor conocimiento individualizado de cada una de las construcciones: material de construcción, puntos vulnerables asociados a las viviendas (presencia y material de ventanas, presencia y material de persianas, tipo de tejado, presencia de depósitos de GLP, etc.), mejoraría la caracterización del riesgo (al mejorar la susceptibilidad de las construcciones). Nuevamente, la escala de trabajo, y el coste que supone esta toma de datos, imposibilita llegar a este nivel de detalle. De ello se extrae que el resultado final es un pre-triaje inicial.

Por otro lado, se ha reflejado cómo el distanciamiento de la vegetación emisora de radiación influye en la caracterización del riesgo de las viviendas. En el ejemplo mostrado en el texto se ha calculado el riesgo potencial en función de la radiación incidente sobre cada uno de las construcciones presentes en un núcleo poblado, de acuerdo a tres escenarios de actuación perimetral: sin actuación, actuaciones planteadas de acuerdo a la normativa y actuaciones rediseñadas acorde a las necesidades, en base a la seguridad. Hay que tener en cuenta que estos escenarios solo consideran los tratamientos perimetrales completos y su influencia que genera

sobre las edificaciones. Entendiendo que se produce únicamente una disminución de la radiación que incide en la zona de influencia perimetral. Por lo tanto, las edificaciones localizadas en esta zona de influencia serán las únicas que muestren variación de su riesgo ante la radiación; el resto (las interiores) permanecerán constantes en cuanto a su índice o nivel de riesgo. Esto remarca la importancia de no centrarse únicamente en los tratamientos perimetrales, puesto que internamente la afección por radiación puede ser muy elevada, por lo que los tratamientos perimetrales deben ir acompañados de tratamientos interiores. En todo caso, las actuaciones perimetrales tienden a reducir el riesgo sobre las edificaciones expuestas. Y esta tendencia se incrementa en función de la intensidad de tratamiento, ello justifica el implementar de métodos de dimensionamiento más allá de la propia normativa, adaptándose en cada caso, a fin de reducir el riesgo de los elementos vulnerables a proteger.

6. Conclusiones

La gestión del combustible en la Interfaz Urbano – Forestal como integrante del triángulo de comportamiento del fuego, resulta compleja. Dicha complejidad no solo contempla criterios puramente físicos y ecológicos sino por la magnitud que alcanza la IUF en Catalunya.

A ese respecto, es tal la dimensión de la IUF existente en el territorio, que hace necesario establecer de algún modo un orden de prelación, con criterios objetivos, para priorizar inversiones y dimensionar correctamente las infraestructuras de prevención necesarias - franja exterior de protección, etc.- en aras de conseguir mayor protección de las urbanizaciones, núcleos de población, instalaciones y edificaciones situadas en terreno forestal o a menos de 500 metros de este (Ley 5/2003, de 22 de abril, de medidas de prevención de los incendios forestales en las urbanizaciones, los núcleos de población, las edificaciones y las instalaciones). Por ejemplo, sólo en la provincia de Girona, unas 364 urbanizaciones y aproximadamente 565 núcleos de población se encuentran en terreno forestal o a menos de 500 metros de este, con una superficie de 9.678 ha para las urbanizaciones, y para los núcleos de población, unas 14.120 ha (Pipió, M., 2017).

Este trabajo, promovido por las Diputaciones de Girona y de Barcelona, caracteriza el riesgo de sufrir daños frente a la radiación para la totalidad de las viviendas en IUF (aisladas o no) de ambas provincias. Surge ante la necesidad de disponer de información solvente que permita priorizar en la toma de decisiones e inversiones, según necesidad de autoprotección frente a incendios forestales, en la ejecución de medidas preventivas y de autoprotección sobre el combustible - franja exterior de protección, vegetación interior.

El resultado obtenido consiste en una cartografía específica del dimensionamiento de infraestructuras de prevención de incendios forestales, considerada estratégica por apoyar el proceso de toma de decisiones técnicas a las Diputaciones provinciales de Barcelona y Girona. Tal diseño excede en multitud de casos del mínimo legal establecido en la Ley 5/2003, de 22 de abril, de medidas de prevención de los incendios forestales en las urbanizaciones, los núcleos de población, las edificaciones y las instalaciones, que determina que se debe asegurar la existencia de una franja exterior de protección de al menos 25 metros de ancho alrededor de los núcleos de población, urbanizaciones, edificaciones e instalaciones, libre de vegetación seca y con la masa arbórea despejada que cumpla las características que se establezcan por reglamento. La misma Ley añade que se debe mantener el terreno de todas las parcelas y zonas verdes interiores a la franja de protección en las mismas condiciones que esta. En este caso, el Decreto 123/2005, de 14 de junio, de medidas de prevención de los incendios forestales en las urbanizaciones sin continuidad inmediata con la trama urbana establece como se tienen que hacer estos trabajos.

A su vez, complementariamente, la cartografía de riesgo frente a la radiación, por parte de las construcciones, supone para el Cuerpo de Bomberos de la Generalitat de Catalunya, una

herramienta más en el pre-traje de viviendas en relación a su defensa, al aplicarse parámetros vinculados a los límites operacionales del propio Cos de Bombers.

En la provincia de Barcelona se han analizado 483.996 viviendas (el 35,11% de las mismas presentan riesgo frente a la radiación Muy Alto y Alto) y en la provincia de Girona un total de 204.531 viviendas (de las cuales, el 30,55% presentan riesgo entre Muy Alto y Alto). El presente trabajo muestra una metodología que permite caracterizar el riesgo frente a la radiación de las construcciones de un territorio mediante la utilización de softwares de simulación y cálculos empleando Sistemas de Información Geográfica. El resultado es una cartografía operativa de fácil compresión y difusión, que permite realizar un primer triaje de las construcciones en función de su exposición a la radiación incidente de la vegetación presente a su alrededor.

Paralelamente, se establece una metodología que permite establecer el diseño individualizado de las infraestructuras defensivas para cada núcleo poblacional del territorio, basadas en principios físicos del comportamiento del fuego, de acuerdo a criterios objetivos y de la protección de la infraestructura vulnerables a defender.

La integración de ambas metodologías, además, permite asesorar a gestores y propietarios para realizar tratamientos en aquellos núcleos más sensibles al paso del fuego y de aquellas construcciones interiores potencialmente afectables por el fuego. George Edward P. Box escribió en su libro sobre la metodología de superficie de respuesta con Norman R que "en esencia, todos los modelos están equivocados, pero algunos son útiles". Por ello, conociendo sus limitaciones, se espera que esta metodología pueda ser útil a la hora de priorizar decisiones de cara a la gestión del entorno y en virtud de contribuir a la autoprotección de la población.

7. Agradecimientos

Queremos agradecer la colaboración y el interés, tanto de la Diputación de Girona como de la Diputación de Barcelona para elaborar los dos documentos que han servido para confeccionar el presente trabajo, y especial agradecimiento a los técnicos de las distintas áreas que han participado y lo han hecho posible.

8. Bibliografía

BRYAM, G.; 1959. Combustion of forest fuels. A Forest fire control and use". K.P Davis (ed.). McGraw-Hill, New York.

Butler, B., Cohen, J.; 1998. Firefighter safety zones: how big is big enough? Fire Management Notes 58(1):13-16.

CASTELLNOU, M., RODRÍGUEZ, L. y MIRALLES, M.; 2005. El problema de las urbanizaciones y el fuego forestal. Aportaciones desde la experiencia en Cataluña durante la campaña forestal del 2003. II Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios. Barcelona. 9-11 Mayo 2005.

CABALLERO, D; 2019. Utilización, interpretación y limitaciones del índice de interfaz WUIX.

DALMAU, F., CABALLERO, D., QUINTO, F., NOGUERA, S.; 2018. Wildland Urban Interface Index (WUIX). Càlcul del risc i disseny d'infraestructures defensives en la Interfície Urbana Forestal de la Província de Girona.

DALMAU, F., CABALLERO, D., QUINTO, F., NOGUERA, S.; 2018. Wildland Urban Interface Index (WUIX). Càcul del risc i disseny d'infraestructures defensives en la Interfície Urbana Forestal de la Província de Barcelona.

DIARI OFICIAL DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, 2003. Llei 5/2003, de 22 d'abril, de mesures de prevenció dels incendis forestals en les urbanitzacions, els nuclis de població, les edificacions i les instal·lacions situats en terrenys forestals. DOGC 3879 de 8.5.2003.

PIPIÓ, M., SANITJAS, A., CANO, E., TERÉS, J.A; 2017. Experiencia en la provincia de Girona sobre prevención de incendios en la interfaz urbano-forestal. Comunicación 7º Congreso Forestal Español. Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía. 2 p.

PDVSA. (2004). Manual de ingeniería de riesgos: Criterios para el análisis cuantitativo de riesgos. PDVSA. IR-S-02.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIENCIAS FORESTALES; 2005. Diccionario Forestal, Madrid, Mundi-Prensa, 1.314 pp.