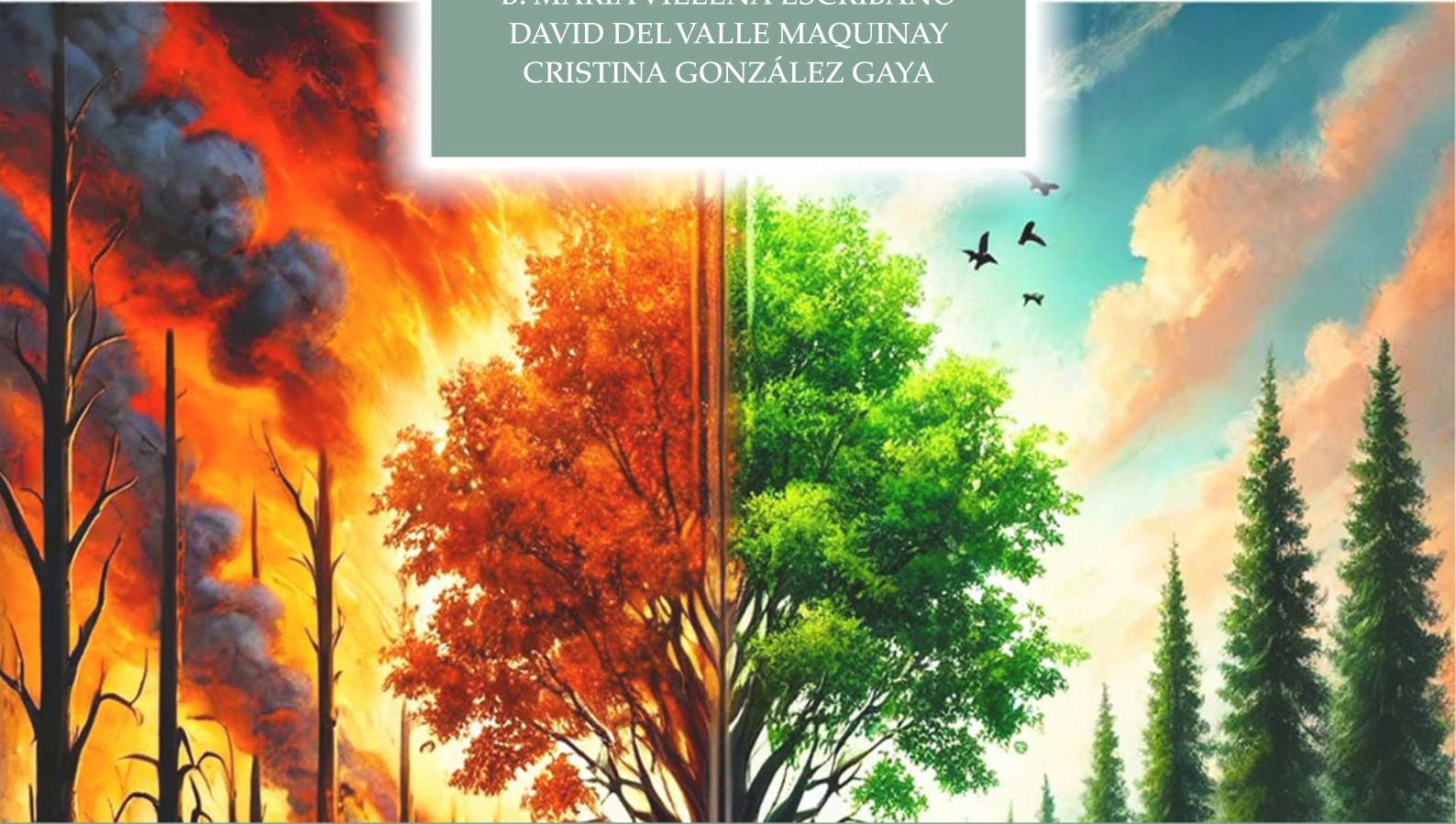


EDUARDO RUBIO RIVAS  
ÁLVARO ROMERO BARRIUSO  
B. MARÍA VILLENA ESCRIBANO  
DAVID DEL VALLE MAQUINAY  
CRISTINA GONZÁLEZ GAYA



# RESILIENCIA EN LLAMAS

Repensando la Seguridad frente a los  
Incendios Forestales en el marco de los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible



**UNIVERSIDAD  
DE BURGOS**



**RESILIENCIA EN LLAMAS**  
**REPENSANDO LA SEGURIDAD FRENTE A LOS**  
**INCENDIOS FORESTALES EN EL MARCO DE LOS**  
**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



EDUARDO RUBIO RIVAS  
ÁLVARO ROMERO BARRIUSO  
B. MARÍA VILLENA ESCRIBANO  
DAVID DEL VALLE MAQUINAY  
CRISTINA GONZÁLEZ GAYA

**RESILIENCIA EN LLAMAS**  
**REPENSANDO LA SEGURIDAD FRENTE A LOS**  
**INCENDIOS FORESTALES EN EL MARCO DE LOS**  
**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



**UNIVERSIDAD  
DE BURGOS**

2026

Todas las imágenes y fotografías contenidas en la presente obra están libres de derechos de autor.  
Imagen de cubierta generada con IA (Dalle, integrada en ChatGPT)

© LOS AUTORES

© UNIVERSIDAD DE BURGOS

Edita: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional  
UNIVERSIDAD DE BURGOS  
Edificio de Administración y Servicios  
C/ Don Juan de Austria, 1, 09001 BURGOS - ESPAÑA

ISBN: 979-13-87585-36-5

DOI: <https://doi.org/10.36443/9791387585365>

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons  
[Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



*«Si supiera que el mundo se ha de acabar mañana, aun así, plantaría un árbol».*

Martin Luther King (1929-1968)



## ÍNDICE

<i>Abreviaturas y/o acrónimos</i> .....	11
<i>Prefacio</i> .....	13
<i>Preámbulo</i> .....	15
<i>Introducción</i> .....	17
<b>Capítulo 1. PUNTO DE PARTIDA</b> .....	21
1.1. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	21
1.2. Concepto actual de Incendio Forestal.....	24
1.3. El cambio climático.....	26
1.4. La contaminación derivada de los Incendios Forestales.....	28
1.5. La seguridad en la Interfaz Urbano-Forestal.....	31
<b>Capítulo 2. INTERACCIONES</b> .....	37
2.1. La coordinación en la gestión de incendios.....	38
2.2. Nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad.....	41
2.3. Autoprotección, formación e información.....	44
<b>Capítulo 3. RETOS</b> .....	49
3.1. La prevención y gestión forestal.....	49
3.2. La formación.....	51
3.3. Enfoque desde los ODS.....	51
<b>Capítulo 4. CONCLUSIONES Y ESTRATEGIAS</b> .....	61
4.1. Trazar una estrategia global ante la intersección con el cambio climático y la salud pública....	61
4.2. Enfrentar el cambio climático desde una gestión global de las emergencias.....	61
4.3. Avanzar hacia la resiliencia abordando los IIFF a través de los ODS y la tecnología.....	62
4.4. Enfrentar los incendios de manera proactiva para un futuro sostenible.....	63
<i>Epilogo</i> .....	65
<i>Bibliografía</i> .....	67
<i>Sobre los autores</i> .....	75



## ABREVIATURAS Y/O ACRÓNIMOS

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

CCAG: *Climate Crisis Advisory Group*

CLIF: Comité de Lucha contra Incendios Forestales

CSIC: Consejo Superior de investigaciones Científicas

EFIS: *European Forest Information System*

EWE: *Extreme Wildfires Events*

FAST: *Forest Fires Assessment and Advisory Team*

FIRMS: *Fire Information for Resource Management System*

GOC: *Gestion Opérationnelle et Commandement*

GOM: Gestión Operativa del Mando

IA: Inteligencia Artificial

ICS: *Incident Command System*

IIF: Incendios Forestales

IUF: Interfaz Urbano-Forestal

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

NASA: *National Aeronautics and Space Administration*

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RAE: Real Academia Española

SMI: Sistema de Mando de Incidentes

UCPM: *Union Civil Protection Mechanism*

UNEP: *United Nations Environment Programme*

UNISDR: *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*

USAR: *Urban Search and Rescue*

VUCA: *Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity*

VUCAHFI: *Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity, hiperconectividad, fricciones and conflicts and instantaneity*

WUI: *Wildland-Urban Interfac*



## PREFACIO

### «La palabra clave»

Me solicitaron escribir el prefacio de un libro que, cuando me llegó y lo leí por primera vez, me pareció un manual de buenos consejos y un sólido argumentario sobre los Incendios Forestales, basado en un pormenorizado y riguroso análisis de fuentes y expertos a nivel internacional.

Pasado el tiempo, tras una clarificadora segunda lectura, puedo señalar, sin lugar a duda, que este libro va mucho más allá de ser un excelente compendio de ideas; es una auténtica guía de por dónde debemos dirigirnos si de verdad queremos tomarnos en serio el futuro de nuestros hijos y nietos, más allá de la pose y la habitualmente vacía declaración de intenciones sobre lo que está ocurriendo y, sobre todo, va a ocurrir.

Un prefacio se supone que debe exponer los objetivos, intenciones y argumentos del autor de la obra, honor que yo no puedo, en absoluto, ostentar. Soy un mero invitado porque algo (poco) sé de este asunto, pero que, sinceramente, ya me gustaría haber puesto mi nombre en esa lista de «madres y padres» de la criatura que ahora tiene usted, lector, en sus manos.

Siguiendo los pasos marcados por la definición de este escrito, voy a atreverme a responder, muy brevemente, a esas tres pautas que antes citaba.

Objetivo de este libro: poner en nuestra cara lo que está pasando con los Incendios Forestales (lo pongo en mayúscula siempre para darle énfasis al concepto, por lo preocupante que es) y, sobre todo, lo que nos (a todos) va a pasar si no nos tomamos en serio este asunto.

Intenciones: yo lo tengo claro; quiere mover conciencias.

Argumentos: tablas, datos, análisis e información suficiente para que cualquiera que lea estas páginas se haga una idea perfecta del porqué de este trabajo, sus objetivos y sus intenciones.

Dicho lo cual, voy a explicar el título que le he puesto a este prefacio llevando al lector, desde este inicio, al epílogo con el que los autores cierran el libro. Por supuesto, que a nadie se le ocurra saltarse todo lo que hay en medio de los dos textos, porque ahí va a encontrar suficiente información para que los autores logren sus objetivos y cumplan sus intenciones.

Arranca el epílogo con un concepto en dos palabras, «protección preventiva», que nosotros, los que estamos metidos en el mundo de los incendios, ya sean los forestales que analiza este libro, en vivienda, en industria, en establecimientos comerciales o de ocio, en cualquier ámbito, condensamos en una para que sea más fácil y rápido decirlo y entenderlo: Prevención.

Esa es la palabra clave. Un término que lleva años, décadas, protagonizando las prioridades de los Servicios de Bomberos no ya de España, sino de todo el mundo. Un vocablo que lleva detrás millones de horas de estudio, trabajo, pruebas, experiencia, pero que, por desgracia, no tiene el valor que debería en muchos estamentos cruciales de nuestras vidas, como, por ejemplo, sin ir más lejos, el legislativo.

Hablar de Prevención (también lo suelo escribir siempre con mayúscula) es poner sobre la mesa una frase que nos gusta mucho usar en la Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos (APTb): «El mejor incendio es el que no se produce». Lástima que algunos, que tienen mucha responsabilidad, no se den por aludidos, y demasiadas veces, y esto ocurre por desgracia también en todo el mundo, no se acuerdan del asunto hasta que no ocurre algo muy gordo.

En el ámbito forestal, eje de este libro, han sido necesarias numerosas desgracias, con muchas vidas perdidas, para que se tomaran medidas tan simples como, por ejemplo, hacer campañas advirtiendo a la población de lo que debe hacer, y, sobre todo, de lo que no debe hacer si se ven inmersos

o rodeados por un fuego de este tipo. Y son insuficientes.

No hablemos de cuestiones como el abandono de prácticas agrícolas o ganaderas que antes contribuían a reducir el riesgo de Incendios Forestales. O de la lucha para definir y establecer las medidas adecuadas de protección en la interfaz urbano-forestal. O de la incidencia de ese cambio climático que algunos todavía se empeñan en negar, y que tiene locos a los del Norte de Europa de unos años a esta parte, porque pensaban que eso de que ardieran miles de hectáreas de árboles sólo pasaba en el Mediterráneo...

Todo esto lo analiza este libro que tiene usted, lector, en su mano, y que le aseguro que va a arrojar mucha luz a sus conocimientos sobre los Incendios Forestales, incluso a los profesionales de los Servicios de Emergencias.

Este prefacio sólo pretende ser una invitación formal a que se sumerja en estas páginas, a que amplíe por su cuenta lo que aquí va a encontrar, y para prevenirle de que, cuando termine este libro con ese epílogo que yo citaba, va a tener ganas de más, de mucho más, porque, como le he dicho antes, esta obra está escrita para mover conciencias. Y lo consigue.

Disfrute y aprenda con Resiliencia en llamas. Repensando la Seguridad frente a los Incendios Forestales en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

*D. Gabriel Muñoz Simal*

Director-gerente de la Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos (APTB).

## PREÁMBULO

Los datos existentes muestran cómo los incendios forestales, son un riesgo cada vez más recurrente y, sobre todo, con mayores consecuencias no solo para el medio ambiente, sino también para las personas y sus bienes. Estos eventos, habitualmente, se convierten en emergencias con gran impacto en la seguridad, desde la perspectiva de la protección civil y la seguridad de las personas. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), también conocida como Naciones Unidas, advierten del incremento de las catástrofes por incendios forestales en más de un 14% para 2030 y de un 30% para el año 2050 (Naciones Unidas, 2022a). El estudio Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires, del United Nations Environment Programme (2022), junto a la organización ambiental noruega GRID-Arendal, advierte no solo este incremento, sino de la afectación de zonas que nunca habían sufrido incendios, incluso en los territorios del Ártico. Los datos de incendios de 2023 revelan la problemática que supone en distintas zonas de Europa (Figura 1), afectando de forma atípica a países como Reino Unido.



**Figura 1.** Escultura azul del euro de Fráncfort del Meno (Alemania), núcleo financiero que alberga al Banco Central Europeo (BCE).



## INTRODUCCIÓN

La importancia de la seguridad en los incendios forestales (en adelante IIFF) queda reflejada en los datos de fallecidos y heridos, pero muchas veces se desdeña el impacto que tienen este tipo de incendios sobre el medio ambiente y la sostenibilidad. Concretamente, el número de fallecidos en relación con los IIFF en Europa entre los años 2000 y 2018 supera las 700 personas (Hernández, 2019). En este contexto, se aborda una revisión y síntesis de documentos relevantes actuales, como metodología para postular estrategias que contribuyan a mitigar el riesgo de incendio forestal y favorecer el cumplimiento de la Agenda 2030, que recoge entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS en adelante) esta problemática, así como la necesidad de conseguir sociedades con mayor capacidad de adaptación y resiliencia ante estos nuevos retos. Constituyen una oportunidad para mejorar la gestión de los IIFF y su impacto económico, social y medioambiental. El mencionado estudio *Spreading like Wildfire*, propone un cambio drástico en las estrategias de gestión, de forma que se potencie el estudio de los incendios en su comportamiento actual desde la perspectiva de la prevención, así como de la planificación y preparación con el fin de reducir o mitigar el riesgo.

Cuando se es consciente del potencial destructivo, no resulta posible olvidar la importancia de fomentar la resiliencia y los procesos de recuperación ante estos eventos. El cambio climático es uno de los factores que ha incrementado, en los últimos años, la gravedad de los incendios y sus consecuencias, convirtiéndolos en emergencias multirriesgo que afectan a distintos ámbitos de la sociedad y al planeta en su conjunto (Figura 2). También han aumentado los riesgos para los propios intervinientes de los servicios de extinción. Este es un problema que no depende tanto del origen de los IIFF, sino de una serie de elementos catalizadores, como el mencionado cambio climático, la distribución de la población en las zonas de interfaz, la ocupación dispersa del territorio, cambios del uso del suelo, etc., que transforman la emergencia agravando su potencial destructivo. El acrónimo anglosajón VUCA, que hace alusión a los términos de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad, exige entornos muy flexibles y abiertos para adaptarse al cambio constante. La evolución actual al acrónimo VUCAHFI, añade la hiperconectividad (H), las fricciones y conflictos (F) y la instantaneidad (I), de forma que encaja perfectamente en la descripción del escenario actual de los incendios forestales. Una evolución rápida y continua de estas emergencias, afectada por diversos catalizadores, que genera situaciones cada vez más difíciles de prever, de gestionar y con mayores consecuencias (Tessore y Petrella, 2020). De esta manera, es necesario analizar, en el ámbito del nuevo paradigma de los IIFF, el impacto en la actualidad para la seguridad de las personas y cómo diversos factores relacionados con las líneas de acción contenidas en los ODS tienen relevancia como hoja de ruta para conseguir metas comunes ante un problema global.



**Figura 2.** Ilustración simbólica sobre el concepto de «el mundo a en llamas» que ha dado lugar a canciones homónimas en inglés.

Expertos como Rifà y Castellnou ya introdujeron en 2007 la problemática de la gestión de los incendios que se sufren actualmente de forma general con el cambio climático como principal catalizador. Destacan por un lado la intensidad y por otro la velocidad de avance y propagación como factores clave que provocan un desbordamiento de las capacidades de los servicios de extinción, además de generar situaciones de mayor peligrosidad para los intervinientes y la población general. A ello se suman situaciones, cada vez más frecuentes, de alta simultaneidad de incendios en territorios muy próximos (FIRMS, 2023), que abocan a situaciones de mayor riesgo, colapsando los servicios.

Los incendios forestales, tanto en regiones europeas como en otros continentes, dado que no entienden de fronteras, están obligando a desarrollar mecanismos de coordinación entre organismos, territorios e incluso países. La gestión de estas emergencias en países con mayor descentralización tiene una importante «debilidad» cuando los incendios afectan a más de una región o unidad territorial, dados los problemas que aparecen en la dirección unificada, la integración de medios bajo un sistema de mando homogéneo y la coordinación de estrategias y tácticas entre distintos servicios y organismos. Algo que se hace extensible en el apoyo internacional ante incendios que superan las capacidades de un país. En estos nuevos contextos de grandes incendios de rápida propagación y evolución, parece imprescindible potenciar mecanismos interoperables entre organismos. Esto es así puesto que, actualmente, no existen estándares que unifiquen los servicios de extinción, ya sea en aspectos como sistemas de mando, medios y recursos, procedimientos, formación, etc. (Monet et al., 2020). La implantación de nuevas tecnologías y sistemas unificados para el mando de las emergencias debe ser un elemento ineludible en el futuro de la gestión de los grandes incendios forestales, sistemas que también servirán como herramientas facilitadoras de mecanismos de ayuda y apoyo solidario. La cooperación y apoyo como base de la alianza para conseguir las metas propuestas, es un compromiso común necesario ante los desafíos para la seguridad y que queda plasmado en el ODS 17, *Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible*.

Tampoco se puede obviar que, de forma paralela, la actual sociedad demanda mayores garantías de seguridad y confianza en la respuesta de los Estados y organizaciones internacionales (Barrero-Barrero y Baquero-Valdés, 2020), no solo a nivel personal y de la salud, sino también en otros campos, como el medioambiental. Seguridad que implica al ciudadano y también a los propios intervinientes de los servicios de emergencias, generando necesidades para las que la innovación y el desarrollo tecnológico pueden ofrecer nuevas oportunidades de mejora. También se hace mención al reconocimiento de riesgos graves asociados a los intervinientes en la extinción, algunos «invisibles», como la inhalación de partículas de las nubes de humo de la combustión. Dicha contaminación, afecta directamente a los intervinientes de los servicios de extinción, pero también a la población general. En relación con ello, recientes estudios calculan más de 230 muertes anuales solo en España (y más de 33.500 en todo el mundo) por problemas cardiovasculares y respiratorios relacionadas con partículas PM2.5 provenientes de incendios forestales (Chen et al., 2021). Llegados a este punto, se debe señalar que, de manera específica, la seguridad y salud de las personas está presente como objetivo en el ODS 3, *Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*, Salud y bienestar, pero también en otros objetivos que tienen un efecto indirecto.



# 1

*Capítulo*

PUNTO DE PARTIDA





## **CAPÍTULO 1. PUNTO DE PARTIDA**

Los actuales incendios forestales, como fenómeno global, requieren analizar qué está ocurriendo y qué puede ocurrir para, de esta forma, implementar o rediseñar mecanismos y herramientas que permitan enfrentarlos solidariamente, con mayores garantías, a los desafíos para la seguridad de los intervinientes. Ante este escenario, los ODS sirven de inspiración para determinar los factores más importantes y las prioridades de actuación que, a su vez, contribuirán al cumplimiento de las metas previstas. Aunque ambiciosos, son una referencia y punto de encuentro común para una mejor gobernanza de las emergencias basada en la cooperación, la adaptación y la resiliencia.

### **1.1. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible**

En este apartado se presentan, de manera sucinta, la Agenda 2030 y los ODS con relación al impacto de los incendios forestales, así como las diferentes acepciones usadas en la actualidad para definir los grandes incendios extremos que asolan la geografía.

En 2015 se aprueba la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, con ella, los 17 ODS como una acción universal de todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas para, entre otros (Naciones Unidas, 2015):

- Poner fin a la pobreza.
- Proteger al planeta frente al cambio climático.
- Mejorar la vida de los seres humanos en armonía con el medio ambiente.
- Favorecer el desarrollo social, económico y tecnológico.
- Mejorar la solidaridad y cooperación mundial.

Estos suponen una evolución, más ambiciosa, de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, retomando metas no logradas con ellos, pero, sobre todo, fortalecer una alianza entre países para definir una Agenda única, alineando fuerzas y objetivos transformadores. Estos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (u ODS) (Naciones Unidas, 2023), interdependientes en conjunto, aspiran a conseguir una mayor sostenibilidad en las 3 áreas: económica, social y ambiental (a través de una acción integral, indivisible y de cooperación). Factores interrelacionados con el impacto que tienen los IIFF, y que se analizan a continuación, están presentes en diversas metas de los ODS (Figura 3).

A lo largo del documento se exponen seis factores relacionados con los ODS (quedando desarrollados en el presente capítulo del libro los tres primeros del listado, para pasar a desgranar los tres factores restantes en el siguiente capítulo), considerados relevantes para el impacto de los incendios en la seguridad y salud de los individuos, algunos como catalizadores y otros como inhibidores de su comportamiento y consecuencias:

- El cambio climático.
- La contaminación y tóxicos derivados de los humos de los incendios.
- La Interfaz Urbano-Forestal.
- La coordinación en la gestión de los incendios.
- Nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad.
- La autoprotección, formación e información.



conocimiento científico y la innovación tecnológica, como catalizador de las mejoras en la gestión del riesgo, forman parte de las metas de los ODS.

Estudios sobre nuevos riesgos existentes para la salud como, por ejemplo, la presencia de tóxicos en el aire o el agua tras grandes IIFF, son abordados por el ODS 3, *Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*, o el ODS 6, *Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*, que ahonda en la necesidad de agua limpia, para lo cual define actuaciones y metas a conseguir para minimizar su impacto. Se tiene certeza de las consecuencias indirectas de la contaminación debida a los IIFF y su impacto en la salud a medio y largo plazo, incluso en áreas muy distantes del propio incendio. Disponer de ciudades y comunidades mejor adaptadas, seguras y sostenibles está presente en el ODS 11, *Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*, que fomenta una mayor sostenibilidad y seguridad en el ámbito poblacional.

Conjuntamente, los cambios socioeconómicos hacen crecer las zonas de alta vulnerabilidad frente a los IIFF, como son las zonas de interfaz entre las áreas urbanizadas y las forestales, que derivan en mayores incidentes de protección civil. Según datos del informe del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) (Hernández, 2019), entre al año 2000 y el 2016 fallecieron en Europa, de forma directa, 488 personas entre civiles e intervinientes de los servicios de extinción. Si a ello se suman las 225 personas que perdieron la vida, entre 2017 y 2018, a raíz de los graves incendios que asolaron Grecia y Portugal, se comprende la importancia que tiene el esfuerzo de aplicación de los ODS para hacer frente al desafío que supone para la seguridad de las personas en los núcleos de población y ciudades. Bajo este prisma, el efecto en la sociedad de los IIFF también tiene su impacto en el cumplimiento de los propios ODS (United Nations Environment Programme & GRID-Arendal, 2022).

De igual manera, estos riesgos, entre otros, son tenidos en cuenta en los ODS como un desafío futuro, aportando líneas de acción globales, integradas y solidarias.

Otro pilar fundamental es la solidaridad y cooperación entre países (Figura 4), la cual debe ejercerse de forma coordinada. Especial relevancia, en la Agenda 2030 y sus ODS, tiene esta colaboración con países con menor desarrollo y capacidades y que, en consecuencia, sufren un agravamiento de los efectos de los incendios. De aquí la importancia de articular y potenciar modelos de apoyo y coordinación, como el *Union Civil Protection Mechanism* (UCPM por sus siglas en inglés, en adelante) o Mecanismo Europeo de Protección Civil, y sistemas compartidos de gestión y dirección de incidentes.



**Figura 4.** Cooperación y red de relaciones entre los distintos estados miembros de la Unión Europea.

Los ODS, firmados por 193 jefes de Estado y Gobierno, conforman, en conjunto, una hoja de ruta común hasta el año 2030, basada en una combinación equilibrada de la mejora económica, social y ambiental frente a problemas globales e interrelacionados. Los ODS se caracterizan por llevar aparejados una serie de metas e indicadores, que permiten verificar y supervisar su cumplimiento, los cuales no están exentos de limitaciones y gran complejidad (Gil, 2018). Pero, en cualquier caso, pretenden ser una excelente inspiración para coordinar esfuerzos entre todos los países firmantes, fomentando la cooperación y solidaridad en un contexto de sostenibilidad. Enfoques proactivos, transformativos, adaptativos y resilientes, como los de los ODS, permiten anticiparse a los efectos devastadores de los IIFF.

La documentación revisada permite interrelacionar con los ODS una serie de factores de especial relevancia para la seguridad, por cuanto son elementos catalizadores (o inhibidores) de los riesgos y peligros a los que están expuestas las personas, tanto intervinientes de la propia emergencia como ciudadanos, afectados directa o indirectamente por el fuego.

## 1.2. Concepto actual de Incendio Forestal

Antes de analizar los factores de influencia de los ODS en los IIFF, es necesario comprender la actual visión conceptual de los incendios que globalmente se vienen produciendo. Los incendios forestales pueden definirse (Figura 5), en base a la noción de «incendio» que efectúa la RAE, como «aquellos fuegos que se propagan sin control por una masa forestal destruyendo aquello que no estaba destinado a arder». Sin embargo, la complejidad que representan los grandes incendios forestales y, especialmente en su afectación a la Interfaz Urbano-Forestal, repercute en que sean numerosos los factores que afectan al ámbito de la seguridad y la protección civil. Esta complejidad llega hasta el punto de suponer auténticas crisis en mucho de los casos, interrumpiendo el normal funcionamiento de la sociedad, y que ponen al límite a los servicios y organizaciones encargadas de gestionarlas y solucionarlas. Tomando como referencia a Boin *et al.* (2017), estas situaciones de emergencia críticas implican una amenaza para valores fundamentales de la sociedad, se necesitan medidas inmediatas y urgentes, dado que se producen en ámbitos de fuerte incertidumbre y volatilidad. Además, a esto se suma los incendios que superan límites geográficos y jurisdiccionales y que, por tanto, obligan a distintos actores a trabajar conjunta y coordinadamente de forma rápida y ágil, como demanda de la propia emergencia.



Figura 5. Operarios de los equipos de extinción ante un incendio forestal de gran magnitud.

Ante este nuevo contexto, es necesario, en primer lugar, aproximar el concepto de incendio forestal para que defina mejor a qué situaciones hace referencia. El concepto más clásico conduce al denominado Gran Incendio Forestal o GIF, que es aquel que tiene una extensión mayor a 500 hectáreas («ha» en adelante). Este concepto, hoy en día, es muy limitado, existiendo diferentes térmi-

nos según los países y con distintos parámetros y umbrales asociados. El término «megaincendio», originario de los Estados Unidos por el equipo de trabajo del investigador Jerry Willians en 2005, fue uno de los primeros usados para describir los grandes incendios, intensos e incontrolables, que implican, entre otros, severos impactos sociales y de protección civil (Buckland, 2019). Castellnou y Miralles también expusieron en 2009 la inquietud ante la progresiva aparición de IIFF de elevada complejidad, introduciendo una novedosa clasificación de incendios generalista (Tabla 1). Para ello, se establecieron una serie de generaciones de IIFF crecientes en complejidad. Desde la 1ª generación, que representa los incendios de mediados del siglo XX, hasta la 5ª y 6ª generación, que se aplica a los «megaincendios» que afectan a la Interfaz Urbano-Forestal, colapsan los servicios de extinción y tienen un comportamiento errático con capacidad de alterar las condiciones meteorológicas de su entorno debido a la gran energía que desarrollan.

En la siguiente Tabla 1 se puede identificar la tipología de incendios a través de su generación característica, la problemática concreta que implica y sus principales características, apreciando una clara diferenciación que favorece la existencia de la siguiente generación y que, con toda probabilidad, seguirá evolucionando en los próximos años.

**Tabla 1.** Clasificación actualizada de las generaciones de incendios forestales.

GENERACIÓN	PROBLEMÁTICA	CARACTERÍSTICAS
1ª	Continuidad	<i>La pérdida de población y uso rural fomenta una continuidad del combustible, lo que provoca dificultades para combatir los IIFF. Sigue siendo efectivo las tácticas habituales pero los perímetros son mayores y llegan a zonas de difícil acceso. Es necesario crear discontinuidades en el terreno, así como adaptar y profesionalizar los servicios de extinción.</i>
2ª	Continuidad y velocidad	<i>Mayor cantidad de biomasa provoca velocidades también mayores lo que crea dificultades para el control de los IIFF. Los cortafuegos pensados para la anterior generación ya no sirven. El mayor abandono de actividades agroganaderas incrementa el problema. Es necesario ataques iniciales más potentes y rápidos lo que a su vez requiere de sistemas ágiles de detección y aviso. Comienzan campañas de sensibilización social ante los IIFF para prevenir los incendios.</i>
3ª	Continuidad, velocidad e intensidad	<i>Comienzan a aparecer los GIF provocando incendios de gran extensión con focos secundarios. La capacidad de extinción de los servicios de bomberos se ve superada, necesitando de nuevos enfoques estratégicos para aprovechar oportunidades de control. Es necesario una mayor previsión y análisis de los IIFF valorando el impacto. Comienzan a establecerse estrategias de quemas controladas para la gestión del territorio.</i>
4ª	Continuidad, velocidad, intensidad e interfaz	<i>Los GIF afectan a zonas de interfaz urbano-forestal o IUF y es necesario adoptar tácticas defensivas para proteger la población y sus bienes. Estos incendios llegan a colapsar los servicios de extinción agotando los medios disponibles. Es necesario nuevas estructuras de mando y control como el ICS, así como medidas de anticipación y previsión.</i>
5ª	Continuidad, velocidad, intensidad y simultaneidad de interfaz	<i>Aparece la simultaneidad de GIF dando lugar a «megaincendios» con gran impacto medioambiental y social. Además de las causas anteriores comienza a influir el calentamiento global a través del cambio climático. Las tareas de extinción son más largas y complejas, colapsan los servicios y deben establecer prioridades de actuación minimizando los daños. Es necesario gestionar el territorio para anticiparse a la simultaneidad de incendios extremos.</i>
6ª	Continuidad, velocidad, intensidad y simultaneidad de interfaz e influencia del cambio climático	<i>Estos incendios tienen gran cantidad de energía y pueden modificar la atmósfera creando pirocúmulos y tormentas de fuego. La cantidad de biomasa estresa por sequías y el cambio climático predisponen esta situación. Es necesario tecnologías y estudios científicos que permitan predecir estos eventos de alta peligrosidad para los operativos de extinción y alto impacto socioeconómico. Identificar los factores críticos para reducir la incertidumbre.</i>

Fuente: Adaptado de Castellnou et al. (2021).

Tedim *et al.* (2018) elaboraron el concepto de *Extreme Wildfires Events* (EWE por sus siglas en inglés), traducido como Eventos Extremos de Incendios Forestales, basado en indicadores del comportamiento del fuego (intensidad, velocidad de propagación, generación de focos secundarios, etc.), pero también del entorno de desarrollo, con especial importancia al impacto en las personas y su seguridad. De esta manera, se establece una escala de 7 categorías, definidas por: el tipo de fuego, la capacidad de control y una serie de factores de influencia en la seguridad y el entorno. Centrando el discurso en estos factores, los EWE implican problemas, entre otros, de seguridad por gases y humos que afectan tanto a los intervinientes terrestres como a los medios aéreos, e incluso a la población general. Los comportamientos erráticos y repentinos del fuego, que propician evacuaciones no planificadas o atrapamientos, o formación de pirocumulonimbos, fuente de situaciones de alto riesgo. Por tanto, suponen situaciones con consecuencias directas e inmediatas, que desbordan las organizaciones. Un EWE lleva asociado velocidades de propagación mayores a 50 m/min, intensidades de energía liberada mayores a 10.000 kW/m y un comportamiento virulento, muchas veces impredecible (Tedim *et al.*, 2018). Bien es cierto que no existe una relación lineal entre la magnitud de un IIFF y su impacto en la seguridad de las personas, dado que las características del territorio afectado y su población, así como su vulnerabilidad, tienen influencia en los efectos finales. Pero, en cualquier caso, son incendios en donde los recursos habituales, humanos y técnicos, no permiten un control del incendio si no va en paralelo a un cambio significativo de las condiciones climáticas y meteorológicas. Lamentablemente, este tipo de IIFF de carácter extraordinario ya no lo son tanto, y representan una nueva normalidad con fuerte impacto, no solo medioambientalmente, sino también económica y socialmente. Dentro de estos últimos, la protección civil y la seguridad de las personas se ha convertido en un objetivo prioritario en la gestión de dichos IIFF.

### 1.3. El cambio climático

El verano de 2022 se vivió en Europa una de las peores olas de calor de los últimos 500 años, observando atípicas temperaturas récord (Figura 6), superiores a los 40°C, en países como el Reino Unido, e incluso en regiones del Ártico, como Siberia, con valores de hasta 35°C. En Australia, en el año 2020, especialmente en la zona oeste de Sídney, se sufrieron las mayores temperaturas registradas, con valores de hasta 48,9°C. A partir de datos de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, el grupo de investigación independiente *Climate Crisis Advisory Group* (CCAG por sus siglas en inglés), ha pronosticado un incremento de las temperaturas promedio, derivado, en su mayor parte, de los efectos del cambio climático (Climate Crisis Advisory Group, 2022). La anomalía térmica de 2022 se convertirá en habitual en los próximos años, llegando, según los modelos climáticos, a un aumento de hasta 4 grados de media en 2100. No sólo es un problema de temperaturas medias superiores, sino de temperaturas cada vez más extremas, con mayores episodios de olas de calor, sequía e incluso mayor peligro de tormentas, como potenciales fuentes de ignición natural.



Figura 6. Termómetro urbano que marca temperaturas de récord.

Esta situación tiene repercusión directa en las condiciones climáticas en las que se desarrollan los IIFF, así como en el estrés hídrico de los combustibles y la acumulación de vegetación muerta. Los IIFF están determinados por variables topográficas, del combustible y climático-meteorológicas (United Nations Environment Programme, 2022). Estas últimas son las que más cambios espaciales y temporales sufren, a veces con gran rapidez, siendo las que más se están viendo alteradas debido al calentamiento global. Además, tienen efecto sobre la atmosfera en la que se van a desarrollar los IIFF, afectando directamente a su desarrollo.

Como indicara el meteorólogo de la AEMET, Marcelino Núñez, en las Jornadas Técnicas de Incendios Forestales de 2022, la situación atmosférica tiene cada vez más repercusión en la generación de incendios de alta peligrosidad y de aquellos denominados de 6ª generación, principalmente por la alta intensidad y los cambios repentinos en el comportamiento del fuego, asociados a la formación de pirocúmulos (Miguel, 2021). La formación de estos en atmosferas inestables con gran energía debido a las mayores temperaturas en capas altas lleva asociado la posibilidad de fuertes vientos racheados y erráticos, remolinos, tormentas, focos secundarios, etc.; incluso un desplome del pirocúmulo, también denominado «reventón», dando lugar a fuegos convectivos y a escenarios de elevado riesgo para la seguridad de los intervinientes, tanto terrestres como de las aeronaves de extinción.

La temperatura, junto con la velocidad del viento y la humedad del aire, son variables sinópticas principales en el desarrollo y evolución de los IIFF, siendo utilizadas como indicadores en distintos modelos de simulación. El efecto de estos parámetros varía con respecto a los territorios y a los distintos tipos de vegetación o combustible. Inclusive, los efectos de la meteorología de un año influyen significativamente en los sucesivos, especialmente en el caso de lluvias o sequías prolongadas (Bedia *et al.*, 2016). Este régimen mencionado de precipitaciones y las situaciones mantenidas de sequía, junto al estrés térmico por la elevación de las temperaturas, produce una modificación en los ciclos de crecimiento de la vegetación y una mayor acumulación de combustible, listo para arder con alta intensidad. Afectación que no solo se limita al año en curso, sino que tiene un efecto acumulativo en posteriores periodos, lo que agrava el problema. El grado de disponibilidad de los combustibles y, en consecuencia, su mayor facilidad para propagar el incendio velozmente es otro elemento catalizador de los grandes incendios. Según datos de la Comisión Europea, 2022 fue un año de fuerte sequía y escasas precipitaciones, y las previsiones para el año 2023 no son mejores (Comisión Europea, 2023). De hecho, los indicadores de sequía muestran la tendencia de la afectación del cambio climático en el norte de Europa, correlacionado con el incremento de incendios que progresivamente están sufriendo países de la zona, como Suecia o Reino Unido (Toreti *et al.*, 2023).

El Informe Anual sobre Incendios Forestales de 2020, de la Comisión Europea (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2021), constató la influencia, cada año mayor, del cambio climático y el calentamiento global. A pesar de la mejora en la preparación y los recursos disponibles, se calcinaron más de 340.000 ha en Europa. En 2021, esa cifra se superó con creces, llegando a las 500.000 ha, de acuerdo con el Informe de dicho año y, en 2022, se volvieron a superar dichas cifras, acercándose a las 800.000 ha. Sin embargo, 2017 registró cifras mucho peores, llegando casi al millón de ha quemadas (Comisión Europea, 2023).

Sin embargo, de acuerdo con lo anterior, a nivel europeo, el incremento de la última década es tanto en número como en extensión, fundamentalmente debido al aumento de incendios registrados en zonas atípicas del centro y norte de Europa, constatando así la influencia del calentamiento global y su relación con los IIFF (Comisión Europea, 2023). Este escenario genera un refuerzo continuo del ciclo de retroalimentación positiva de la temperatura, pues el cambio climático favorece un mayor estrés hídrico de los ecosistemas y, esto a su vez, más grandes incendios, de los cuales se generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, que vuelven a potenciar el calentamiento global (World Economic Forum, 2023).

Wotton *et al.* (2017) refleja en sus estudios sobre los incendios de América del Norte que el principal problema de los incendios presentes y futuros es la intensidad del fuego. Los umbrales de

intensidad, que limitan el trabajo de los bomberos, en relación con las técnicas de extinción directa, han sido evaluados en varias ocasiones. Su importancia radica no solo en la efectividad de las maniobras de control de fuego, sino en la propia seguridad de los intervinientes. Los estudios de Hirsch y Martell (1996) determinaron límites de 2000 kW/m para operaciones terrestres, y 4000 kW/m para operaciones terrestres con apoyo aéreo (ya sean hidroaviones o helicópteros). A partir de intensidades de 10.000 kW/m no hay efectividad en las operaciones de ataque directo al frente de la llama. Los incendios actuales, así como las simulaciones con las que se están trabajando, muestran un problema que ya no se resuelve con más medios y recursos (Wotton *et al.*, 2017)<sup>1</sup>. Además de ello, la tendencia es a un aumento del número de situaciones de incendio con energías que superan los 10.000 kW/m, y este problema no puede solucionarse con más medios de extinción. Europa, y concretamente la península ibérica, no es ajena a estos valores, dado que en el incendio de Pedrógão Grande (Portugal), en 2017, se llegaron a generar intensidades de 20.000 a 60.000 kW/m, con velocidades de propagación de 65 m/min. El cambio potencial en la intensidad energética de los IIFF es una de las consecuencias más importantes del cambio climático.

Los ODS recogen, desde su aprobación en 2015, la preocupación por las consecuencias del cambio climático, factor que no fue tenido en cuenta en los anteriores ODM. El ODS 13, *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*, que aborda la acción por el clima, tiene como metas toda una serie de actuaciones para frenar el calentamiento global y mitigar sus consecuencias. Entre otras, cabe destacar la meta 13.1, que recoge la necesidad de «fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación» frente a este tipo de riesgos que suponen un desafío para garantizar la seguridad por parte de los gobiernos y sus instituciones.

#### 1.4. La contaminación derivada de los Incendios Forestales

El ODS 3, *Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*, recoge un conjunto de acciones para preservar la salud y el bienestar de las personas y, desde esta perspectiva, tiene en cuenta los peligros derivados de la contaminación, ya sea en el suelo, el agua o el aire. La preocupación de las Naciones Unidas por el impacto en la seguridad y salud de las personas no es nueva. En el año 1998, la Organización Mundial de la Salud (OMS en adelante) junto al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaboraron un informe sobre la relevancia de las partículas emitidas en los IIFF y los efectos de estas emisiones para las personas (Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018). Los IIFF pueden afectar a la seguridad y salud humana, incluso cobrándose vidas cuando las personas no están en contacto directo con el fuego y, de aquí, la relevancia respecto al cumplimiento de algunos ODS.

Diferentes estudios sobre las patologías que afectan a los profesionales de los servicios de extinción de incendios forestales coinciden en factores estresantes, relacionados con el sistema musculoesquelético, así como la exposición a sustancias químicas y biológicas (López, 2004) (Figura 7). Es decir, fundamentalmente se producen efectos directos e inmediatos para la seguridad y salud de dichos profesionales. En algunos casos, estos efectos directos, debidos a la exposición a llamas, calor y/o humos de los incendios, han supuesto tragedias en diversas partes del mundo. Por ejemplo, en Australia en 2009 con 173 fallecidos, Grecia en 2018 con 99, Portugal en 2017 con 53 y 66 fallecidos (en sendas oleadas de incendios), etc.

<sup>1</sup> Una simulación realizada en el estado norteamericano de Ontario, con un incremento de tan solo el 15% de la media de incendios, exigía duplicar el número de recursos necesarios sólo para el ataque inicial.



**Figura 7.** Bomberos atacan la base de las llamas de un incendio con una manguera mientras utilizan un traje de aproximación al fuego (que les protege de las altas temperaturas) y emplean un sistema de respiración autónoma.

Más allá del efecto directo de las llamas, tiene especial relevancia la exposición de los intervinientes forestales a sustancias irritantes presentes en los humos, como la acroleína, formaldehídos, óxidos de nitrógeno y/o el benceno. Igualmente, otros contaminantes secundarios, como el ozono troposférico y el monóxido de carbono, ante cuya exposición repetida se evidencian efectos respiratorios, cardiovasculares e incluso neurológicos. El análisis y estudio de los efectos de estas sustancias, tanto de manera puntual como en altas concentraciones o de forma mantenida o crónica a lo largo de la vida profesional, se encuentra con dificultades como son:

- Variabilidad. Según el tipo de combustibles, localización, velocidad de la combustión, etc. Pueden existir diferencias notables en cantidad y composición de los tóxicos.
- Dificultad en su evaluación. El estudio de la relación causa-efecto para estas sustancias se ve limitado por distintos condicionantes, tanto en la medición (especialmente en intervinientes de emergencias), como para analizar la causalidad, evaluando las distintas respuestas ante distintas dosis.
- Multiplicidad de sustancias. La presencia de varias sustancias tóxicas, además de dificultar el estudio como tal, dificulta la evaluación de los efectos a exposiciones combinadas y en distintas concentraciones, incluidos subproductos de las reacciones y otros intermedios o resultantes de combinaciones químicas.

No obstante, desde el primer estudio de referencia, de *Duclos et al. (1990)*, sobre la influencia en la salud del incendio de California en el año 1987, se han sucedido múltiples análisis sobre la contaminación de los IIFF y sus efectos sobre las personas. Ciertos gases solo tienen una afectación en espacios directamente expuestos al incendio, como es el caso del monóxido de carbono; si bien, en algunas ocasiones, alcanza altas concentraciones y se traslada cientos de kilómetros, su riesgo sanitario es menor. Sin embargo, otras sustancias pueden afectar tanto a áreas próximas como a zonas muy alejadas del propio incendio, alcanzando zonas pobladas y ciudades, con mayor impacto en la salud. Tiene especial importancia la contaminación por partículas en suspensión, que se encuentran en los humos de los IIFF, y que son un factor que se ha comprobado que tiene alta incidencia en la seguridad de intervinientes y de la población en general, por su facilidad de propagación sobre grandes áreas. Los estudios de los efectos de los incendios de Australia en 1994, de *Cooper et al. (1994)* y *Smith et al. (1996)*, ya indican la influencia de las partículas  $PM_{10}$  como factor de riesgo respiratorio. Por su parte, *Pereira (2015)* correlaciona el incremento de enfermedades respiratorias hasta en 20 veces a raíz de los incendios ocurridos en Lituania en 2002. El análisis de los incendios de Suecia en 2018

también relacionó un incremento de afecciones respiratorias, como neumonías, con el incremento de partículas derivadas de los incendios forestales (Tornevi *et al.*, 2021), así como en los ciudadanos de las regiones de Portugal afectados por incendios en el periodo del 2002 al 2011 (Santos *et al.*, 2015).

El reciente estudio de Chen *et al.* (2021) vuelve a mostrar la importancia en la salud de las partículas finas en suspensión  $PM_{2,5}$ , derivadas de los IIFF; no sólo de los intervinientes directos, sino en la población general, debido a su mayor capacidad de propagación y penetración en el organismo por vía respiratoria (Chen *et al.*, 2021; Cancelo-González y Díaz-Fieros, 2018). Se ha contrastado la contaminación derivada de los IIFF y sus efectos en la mortalidad y morbilidad de la población expuesta a los humos.

En las áreas cercanas a los incendios de California, en el año 2020, se registraron niveles medios de hasta  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superando, con creces, el actual valor límite anual de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; llegándose a registrar, incluso a distancias cercanas al millar de kilómetros del foco de los incendios, valores de hasta  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Xu *et al.*, 2020).

En los incendios de Moscú, en 2010, se alcanzaron los  $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en Australia, en 2007, los  $1.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y, en Indonesia, en 1987, se registraron máximos diarios de  $1.800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Cancelo-González y Díaz-Fieros, 2018). Aunque, normalmente, las exposiciones suelen ser de corta duración para la población general afectada por la nube de humo, aproximadamente periodos de 24 a 48 horas, en el caso de los intervinientes profesionales supone estar expuesto de forma crónica durante su vida laboral, no solo a las partículas en suspensión, sino al resto de gases tóxicos (como el monóxido de carbono, la acroleína o el formaldehído).

Además de los estudios perpetrados en los Estados Unidos y Australia, en Portugal se realizó un seguimiento de varios trabajadores con sistemas portátiles de medida, durante el periodo 2008 a 2010, concluyendo que su exposición fue muy superior a los niveles de referencia y a los sufridos por la población general afectada por el IIFF (Cancelo-González y Díaz-Fieros, 2018). Sin embargo, hacen falta más estudios que reflejen la toxicidad real que produce en el organismo la contaminación de los humos de los IIFF, aunque las evidencias de sus efectos y la asociación entre mortalidad y morbilidad, sobre todo respiratoria, son manifiestas en los diversos estudios llevados a cabo (Cancelo-González y Díaz-Fieros, 2018). La mayor parte de los estudios sobre el riesgo de la contaminación de los IIFF no proviene de Europa, la cual adolece de investigaciones exhaustivas. En España, solo existe el estudio de Caamano-Isorna *et al.* de 2011.

Por tanto, resulta comprobado cómo la contaminación puede extenderse cientos de kilómetros desde el origen de los grandes incendios y cómo, los contaminantes, principalmente las partículas en suspensión, tienen efectos a medio y largo plazo a nivel respiratorio y cardiovascular. El estudio de Xu *et al.* (2020) analiza más de 65 millones de muertes en 43 países de todo el mundo entre los años 2000 y 2016, cruzando estos datos con los niveles de concentración de partículas en suspensión de IIFF de 749 lugares. Las partículas de los incendios llegan a ser más nocivas que la contaminación urbana e industrial, debido a su composición química, con mayores componentes oxidativos y pro-inflamatorios, además de su menor tamaño, lo cual favorece su llegada a los alvéolos pulmonares y su posterior absorción con mayores efectos tóxicos. Aunque los niveles más altos de partículas se encontraron en Norte América y Canadá, en países europeos con una afectación grave de IIFF como Francia, Italia, Portugal o España, entre otros, se observó una relación directa entre incendios y morbilidad y mortalidad prematura por afección respiratoria y cardiovascular. Además, se debe tener presente que el análisis se ha realizado en territorios concretos y que, dichas partículas y sustancias pueden ser transportadas por el aire a largas distancias a merced de las variables meteorológicas, afectando a grandes áreas.

Los actuales descubrimientos muestran un escenario en el que los efectos sobre la salud de los contaminantes de los IIFF son palpables; desde una simple irritación ocular o cutánea, a severos cuadros de toxicidad, en muchos casos «invisibles», que provocan la aparición o agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La importancia de este riesgo asociado es que los recientes

estudios muestran la afectación de la población general, con consecuencias que exceden al propio escenario del IIFF; sin olvidar a los propios trabajadores de la extinción, que están expuestos directa y reiteradamente a dichos contaminantes. Conjuntamente, se ha observado la especial importancia en poblaciones con patologías previas, ancianos y mujeres embarazadas. Inclusive, esto se puede observar en el hecho de que los niños expuestos a este tipo de tóxicos derivados de los incendios tienen una mayor probabilidad de disminución de su rendimiento intelectual y de sufrir alteraciones neurológicas, manifestadas como enfermedades mentales en la edad adulta (Xu *et al.*, 2020).

La novena meta del ODS 3, *Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*, pone el énfasis en la reducción, para el año 2030, de las muertes por enfermedades asociadas a la contaminación del aire. Pero incluso, y en relación también con el ODS 6, *Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*, se debe observar la contaminación que llega a través del agua, la cual recoge gran parte de las partículas de la combustión de los incendios, especialmente si van seguidos de fuertes precipitaciones que arrastran por escorrentía tóxicos y sedimentos que afectan a ecosistemas acuáticos y, desde aquí, hasta las personas (United Nations Environment Programme, 2022). Uno de los pilares fundamentales de los ODS es la focalización en el apoyo a países con menor desarrollo. Países como Indonesia, con menores capacidades y recursos para combatir los IIFF, adolece de infraestructuras contra incendios, falta de expertos, etc., sufriendo episodios de grandes incendios con consecuencias para las personas por la contaminación (Chaisatit *et al.*, 2022). Los sufridos en 2015 y, sobre todo, en 2019, provocaron auténticas crisis de seguridad y salud, con efectos nocivos en la calidad del aire por altas concentraciones de partículas y que han provocado consecuencias para las personas hasta 10 años después (Kim *et al.*, 2017). Pero, ya en 1997, los múltiples IIFF sufridos, que quemaron casi 5 millones de ha, han sido fuente de estudio de las consecuencias que supusieron la contaminación de más de 75 millones de personas (Dennis, 1999), con efectos incluso en ciudades vecinas como Singapur (Emmanuel, 2000) y Malasia (Sastriy, 2002).

### 1.5. La seguridad en la Interfaz Urbano-Forestal

Las nuevas generaciones de incendios producen graves problemas de seguridad para la población en la Interfaz Urbano-Forestal (IUF en adelante; en inglés: *Wildland-Urban Interface* o WUI). De forma simplificada y desde el ámbito de los IIFF, se define esta zona como el espacio de contacto entre el terreno o masa forestal y las zonas urbanizadas o de uso antropogénico. No obstante, como apunta Modugno *et al.* (2016), aún no existe una definición clara de qué implica y dónde se conforma espacialmente una IUF. La realidad es más compleja cuando se produce una emergencia y esta zona de interfaz implica no sólo la afectación indirecta de bienes y servicios, sino incluso la posibilidad de propagación del incendio a edificaciones e infraestructuras, generando emergencias diferentes o aumentadas respecto a la propia definición de un incendio forestal (Pyne *et al.*, 1996).

El término IUF no es algo reciente, siendo introducido en los años 70 en Estados Unidos, a raíz de los IIFF sufridos en California; aunque no fue hasta los incendios de 1985, con zonas pobladas gravemente afectadas, cuando se tomó conciencia de estos nuevos escenarios de emergencia, que incluían en la hipótesis la protección de personas y bienes más allá de los daños medios ambientales (Martín, 2012). Las áreas de interfaz se han convertido, en los últimos años, en uno de los focos de atención de la seguridad. El estudio de Haynes *et al.* (2020) recopila los fallecimientos en IIFF y su relación con la interfaz en Australia, Estados Unidos y Europa. Sin embargo, no existe una base de datos global y homogénea a la hora de recoger estos datos, ni tan siquiera en países como los Estados Unidos o en el territorio de la Unión Europea (UE en adelante). Este es un aspecto que debe resaltarse en relación con el cumplimiento de los ODS, que promueven mejoras y mecanismos facilitadores para el intercambio y transferencia de datos, con el fin de mejorar el conocimiento.

Por ejemplo, en 2009, Australia sufrió su incendio más mortífero, el denominado *Black Saturday*, con un total de 173 fallecidos. En los Estados Unidos, el incendio *Camp Fire* de 2018 en California dejó 85 fallecidos. En Europa, en 2017, Portugal contó con 117 fallecidos y Grecia con 102.

Sólo en España, entre el año 2000 y el 2023, han fallecido 127 personas de forma directa por los IIFF. Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO en adelante), en el año 2022 se registraron 4 fallecidos en un solo incendio en Losacio (Zamora) y 92 heridos en otros 27 incendios. A ello se suma el daño en infraestructuras en 29 incendios. Cabe destacar que, en 94 de ellos, ha sido necesario realizar labores de evacuación de núcleos de población, siendo este un problema creciente debido a la extensión veloz de los incendios y a la afectación, cada vez más frecuente, de zonas pobladas y de interfaz. Llegados a este punto, se debe mencionar un fenómeno al que cada vez es más habitual recurrir por la peligrosidad de los incendios: las evacuaciones y los confinamientos de la población afectada o potencialmente afectada. Siguiendo con el ejemplo del año 2022, se evacuaron más de 30.000 personas a causa de los IIFF, destacando los ocurridos en Pujarra (Málaga), Riofrío de Aliste (Zamora), Losacio (Zamora) y Bejís (Castellón). Por tanto, se hace frente a una realidad en la que los IIFF se convierten en un fenómeno de influencia directa en la seguridad de los ciudadanos. En todos los casos expuestos, existe una fuerte relación con los espacios de IUF o WUI y, de hecho, la mayoría de las muertes se han producido entre los civiles.

En consecuencia, en los incendios de Portugal o Grecia, la principal causa de muerte fue debida a las evacuaciones tardías, con atrapamientos en zona abierta y en vehículos tratando de escapar. Sin embargo, en Australia hubo un elevado porcentaje de fallecidos en el interior de estructuras (hasta un 29% en el incendio de 2009, *Black Saturday*).

En los Estados Unidos, el estudio de *Butler et al. (2017)* ofrece una media de casi 21 muertes al año por IIFF en zonas de interfaz. Además de los atrapamientos en exterior y vehículos, junto con la defensa de las propiedades en la población civil, cabe destacar una causa importante de muerte en el caso de los intervinientes de extinción: los ataques cardiacos. Entre 2007 y 2016 esta fue la primera causa de muerte en bomberos en relación con los IIFF en los Estados Unidos (*Butler et al., 2017*).

En el caso de España, que cuenta con cifras similares a Grecia y Portugal, las causas más frecuentes son el atrapamiento por huida a pie y en vehículos y, muy raramente, por atrapamiento en casas u otras infraestructuras. La diferencia con otros países, como Australia, es un elemento diferenciador en la construcción de viviendas y edificaciones, en donde fundamentalmente predomina el uso de madera.

A nivel global, se están produciendo cambios significativos, que reconfiguran el paisaje, en muchos casos en el ámbito de las áreas urbanizadas. El crecimiento de la dispersión de la población, en urbanizaciones y asentamientos en ámbitos forestales, también ocurre en España, en donde, además, existe una fuerte presión de expansión urbana en zonas litorales y alrededor de grandes núcleos, a lo que se suma la presión turística, que incrementa el riesgo y la vulnerabilidad. Tan solo en Cataluña hay aproximadamente 1.000 urbanizaciones en 45.000 ha de IUF (*Galiana y Manuel, 2012*). Sin embargo, se debe añadir un factor más, pues no solo se trata de un problema de seguridad derivado de la organización del territorio, sino también de la creciente expansión, vertical y horizontal, de la vegetación, que acrecienta el problema (*Martín, 2012*). Cambios en los usos tradicionales del territorio, junto a una progresiva pero imparable pérdida de población rural, modifica la cobertura y carga de combustible forestal; junto al aumento de asentamientos de población dispersos, contribuyen a que las zonas de IUF sean un factor crítico en la gestión de la seguridad ante incendios extremos. *Modugno et al. (2016)* analizaron la relación entre grandes incendios y las zonas de IUF en la UE. La conclusión del estudio determina que los países del sur de Europa (como Chipre, Francia, Italia y España) tenían una mayor probabilidad de sufrir «megaincendios» en zonas de interfaz.

Paralelamente, y como se ha mencionado en el documento, la protección de las personas en estos entornos de interfaz lleva aparejada, en numerosas ocasiones, acciones de evacuación o confinamiento. El número de evacuaciones que se producen al año en incendios es cada vez mayor. En 2021, graves incendios en Grecia y el sur de Italia provocaron múltiples evacuaciones (*Resco y Nolan, 2021*). Sin embargo, es necesario analizar el problema resultante de la evacuación de una población que escapa del fuego, ya sea de forma organizada o no. Experiencias dramáticas, como las de Portugal

en 2017, donde fallecieron 66 personas y 62 resultaron heridas, debido a un atrapamiento, al intentar escapar del fuego, de la población de Pedrógão Grande, ponen sobre la mesa los peligros asociados a los incendios forestales (Molina-Terrén *et al.*, 2019). En el sur de Europa, las cifras de fallecidos por incendios forestales supera a las derivadas del terrorismo en toda la UE. Por tanto, los incendios forestales han pasado de ser un problema medioambiental a un problema de seguridad y protección civil (Resco y Nolan, 2021).

Tampoco se puede obviar, como se expone a continuación, la importancia, en estas situaciones, de disponer de un adecuado sistema de mando y control que gestione de forma ágil y segura estas operaciones. En Europa, la mayoría de los ciudadanos fallecidos por incendios han sido aquellos que optaron por escapar del fuego en lugar de permanecer en sus viviendas (Rifà y Castellnou, 2007). En España en 2022, el 21% del total de incendios tuvo consecuencias y efectos en la protección civil de la población. Este porcentaje se incrementa sustancialmente en el caso de los 57 grandes incendios forestales ocurridos, para los que en más del 80% se dieron tales consecuencias. Sólo en el incendio de Sierra Culebra (Zamora) se evacuaron a más de 10.000 personas de 67 núcleos de población (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023a). También resulta reseñable que aproximadamente el 50% de los heridos en los IIFF de 2022 fueron personas ajenas al dispositivo de extinción en las zonas de interfaz. Si se analiza el periodo desde 2016 hasta 2022, se observa que 2022 es el peor de la serie, respecto al impacto de la protección de la población (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comparativa de los efectos de los IIFF en el ámbito de la protección civil en los últimos 7 años en España.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
<b>Incendios notificados</b>	621	588	508	575	342	772	599
<b>Incendios con efectos sobre protección civil</b>	133	96	48	69	36	98	80
<b>Fallecidos en incendios</b>	6	1	6	3	1	6	1
<b>Heridos en incendios</b>	90	61	9	17	12	28	55
<b>Incendios con evacuados</b>	94	57	32	52	22	59	52

*Fuente:* Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico 2022 del Ministerio del Interior, Gobierno de España (octubre 2023).

En relación con la seguridad en este ámbito, el ODS 11, *Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*, que aborda ciudades y comunidades sostenibles, incorpora varias metas para reducir los riesgos y el impacto de estos en las ciudades. Concretamente, la meta 11.b, aborda la implementación de medidas de planificación que, en consonancia con el Marco Sendai, mitiguen los riesgos derivados del cambio climático, mejoren la adaptación y resiliencia a catástrofes, como los IIFF, y permitan una mejor gestión de estas emergencias en núcleos de población.

El apoyo, en todos los niveles, a los países menos desarrollados también está presente en este ODS, así como en el ODS 10, *Reducir la desigualdad en y entre los países*, siendo conscientes de que, en estos territorios, las consecuencias serán mucho más severas sino existe una cooperación internacional para facilitar y promover comunidades y territorios adaptados a los eventos extremos de incendios<sup>2</sup>. En consonancia con las metas recogidas en el ODS 17, *Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible*, la mejora de la cooperación en materia de innovación, ciencia y tecnología pasa necesariamente por disponer de acceso a la información, con bases de datos interoperables y homogéneas, que faciliten el intercambio y desarrollo, incluidos los estudios de riesgo, las estadísticas de incendios o el número y causas de los afectados.

<sup>2</sup> Metas ODS 11.a y 11.c





# 2

*Capítulo*

INTERACCIONES





## CAPÍTULO 2. INTERACCIONES

Pasando a desgranar los principales hallazgos, se debe indicar que los grandes y peligrosos incendios, que hace una década eran anecdóticos, se han convertido en una nueva normalidad, como reflejan los datos del Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico, afectando a mayores extensiones de terreno y generando un mayor número de personas damnificadas. En muchas ocasiones, ya no resulta posible garantizar la seguridad de las personas, ya sean intervinientes o población general, con los medios, recursos y estrategias que hasta ahora resultaban eficaces. Históricamente, ha existido un enfoque de la seguridad basado exclusivamente en los servicios de extinción y emergencias. Pero, la actual realidad, tanto por el comportamiento descrito de los IIFF y su relación con cambio climático como por el crecimiento de las IUF, obliga a redirigir este enfoque de la seguridad hacia las propias comunidades, entendiendo los incendios como un importante riesgo para la protección civil. La sociedad se enfrenta, por tanto, a eventos con mayor impacto, tanto en frecuencia como en gravedad, en la seguridad y salud humana.

Si bien los IIFF cada vez tienen desarrollos más extremos y la tendencia global de los últimos 15 años indica un aumento, tanto en número como en ha quemadas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019), las estadísticas en algunos países, como España, muestran una tendencia a la reducción de los IIFF, pero con superficies afectadas similares a décadas pasadas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022) (Figura 8).

La mejora observada a partir de la última década del siglo XX se debe al desarrollo de dispositivos para la lucha contra los IIFF, lo cual redujo sustancialmente la superficie afectada. El año 2022 en España, el peor de este siglo con más de 267.000 ha quemadas, es, sin embargo, el sexto en superficie afectada en la serie histórica desde 1968, año desde el que se tienen datos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019). Esta situación también se observa en otros países cercanos como Portugal, pero también en otros continentes como Canadá, Estados Unidos o Australia. Es posible determinar que, a pesar de una constante mejora e incremento en los mecanismos y recursos de lucha frente al fuego, el enfoque centrado en la extinción ya no es suficiente.



**Figura 8.** Labores de extinción sobre un incendio forestal en el monte y columna de humo generada.

Los datos actuales comienzan a asemejarse a los de décadas pasadas, a pesar de disponer de grandes dispositivos de extinción. Cada vez más incendios superan sus capacidades y hacen inseguro e inviable la mitigación y el control de estos aplicando lo que se ha hecho hasta ahora (Wotton *et al.*, 2017). La eficacia y seguridad de los servicios de extinción está cambiando, y se está viendo mermada ante estas nuevas dinámicas.

Se han identificado los siguientes factores como variables relevantes en la seguridad y salud frente a los IIFF y que, a su vez, son abordados por varios ODS de la Agenda 2030. Muchos tienen un claro efecto potenciador de los incendios o de su impacto; mientras que otros son oportunidades para mitigar y minimizar los efectos, a corto o largo plazo. Como factores catalizadores del riesgo para la seguridad y salud se identificaron:

- El cambio climático.
- La contaminación y los tóxicos derivados de los humos de los incendios.
- La Interfaz Urbano-Forestal.

Por otro lado, como factores con capacidad para reducir el impacto y mejorar la adaptación y resiliencia futura a los IIFF, se identificaron:

- La coordinación en la gestión de los incendios.
- Nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad.
- La autoprotección, formación e información.

De todos los factores analizados, uno tiene gran importancia en cuanto que afecta directamente a todos los ODS: el cambio climático. Su influencia en los desastres y fenómenos meteorológicos extremos, así como en las poblaciones más vulnerables, los océanos y los ecosistemas, conduce a un presente y futuro con IIFF cada vez más extremos, complejos y con efectos directos para la salud de las personas (Naciones Unidas, 2022b). El ODS 13, *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*, centra los esfuerzos y metas en lograr contener el calentamiento global a través de distintas acciones, como la reducción de la huella de carbono. Los incendios forestales interaccionan directamente con el cambio climático y el ODS 13 reforzando un circuito que se retroalimenta mutuamente. Sin embargo, su impacto en el cumplimiento del resto de ODS afecta a muchas metas de gran importancia para un futuro sostenible. El efecto catalizador del cambio climático en los grandes y numerosos IIFF que se sufren tiene un impacto negativo en ODS como:

**ODS 1**, en relación con el fin de la pobreza y el hambre, por sus efectos en la desertificación, la agricultura y la pérdida de medios.

**ODS 6, 14 y 15**, en relación con la contaminación del aire, el agua y la pérdida de ecosistemas.

**ODS 11**, en relación con la creación de ciudades más resilientes y seguras.

**ODS 3**, en relación con la salud y el bienestar de las personas por la disminución de la calidad del aire, la pérdida de bienes como viviendas o la pérdida de entornos naturales y valores medioambientales.

**ODS 5 y 10**, en relación con las desigualdades, por cuanto los países con menor desarrollo sufren en mayor medida los efectos del cambio climático y los incendios catastróficos y, en consecuencia, afectan especialmente a los grupos de población más desfavorecidos o discriminados.

### **2.1. La coordinación en la gestión de incendios**

La Agenda 2030 tiene entre sus fortalezas el Marco de Cooperación de la Naciones Unidas, estableciendo los ODS la importancia de la alianza y el apoyo entre países y, dentro de estos, a las autoridades nacionales, regionales y locales. Esta alianza mundial tiene especial relevancia para aquellos países con menores capacidades para hacer frente a los IIFF, entre otros riesgos para la seguridad. Así se refleja de forma más concreta en el ODS 17, *Revitalizar la Alianza mundial para el Desarrollo Sostenible*, alianza para lograr los objetivos, aunque el propio conjunto de la Agenda 2030 se asienta sobre esta alianza de colaboración mundial (Figura 9). El apoyo transnacional en materia de

emergencias y protección civil implica, a su vez, diversas necesidades, como el uso de un «lenguaje del riesgo común» que facilite la colaboración y el conocimiento compartido; adoptar un enfoque multidisciplinario, evitando la gestión desde la perspectiva compartimentada y sectorial de los actores implicados; o entender y reconocer los IIFF como emergencias con potenciales impactos en cascada o combinados, que necesitan acciones coordinadas (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2022).



**Figura 9.** Iconografía relativa a la cooperación y el trabajo en equipo.

Teniendo presente este tipo de emergencias, cada vez más interconectadas e interdependientes, que no solo aumentan el impacto de estas por los efectos vistos del cambio climático, sino también su extensión y propagación, conformar un dispositivo de respuesta formado por medios y recursos de distintos organismos, e incluso de carácter internacional, supone un reto en sí. El aumento de estos «megaincendios» lleva asociado, en muchos casos, una visión internacional de apoyo y solidaridad en su gestión, con actuaciones conjuntas bajo principios de coordinación y cooperación. Sirva de ejemplo los que han afectado en 2017 a Portugal, Montenegro, Italia, Francia o Albania; a Suecia, Portugal, Grecia y Letonia en 2018; a Grecia e Italia en 2021; a España, Francia y Portugal durante el año 2022; o a Chile y Canadá en este año 2023 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023b; Comisión Europea, 2019; Comisión Europea, 2023). En todas estas situaciones fue necesario integrar, con los medios propios de la región o país, otros recursos externos de apoyo, ya sea materiales, humanos o técnicos. Esto requiere establecer sistemas de trabajo compatibles y con una terminología común, así como organigramas y estructuras con funciones bien definidas. Solo así es posible ejercer una labor coordinada en momentos de gran tensión como puede ser un IIFF, o una oleada de ellos.

En el caso de la Unión Europea, desde los incendios de 2017 en Portugal, el propio presidente de la Comisión Europea expuso la importancia de potenciar procesos de integración y cooperación a través de una gestión eficaz y coordinada de las emergencias, potenciando las capacidades del UCPM o Mecanismo Europeo de Protección Civil, creado en 2013. El fin último de la protección civil es dar protección a las personas frente a los efectos y daños de las catástrofes, y la Unión Europea no podía permanecer ajena a la posibilidad de disponer de unas capacidades de respuesta ágiles, rápidas y eficaces; más aún cuando la propia cláusula de solidaridad exige, a los países miembros y a la propia institución de la Unión Europea, a colaborar y apoyarse en caso de grandes emergencias y catástrofes (Zwęgliński y Cordero, 2019). Una primera respuesta a estas necesidades fue la creación del denominado rescEU en 2019 (Comisión Europea, 2023). Se configuró así un sistema de reserva de recursos

de la UE para responder ágilmente ante emergencias, en Europa o en cualquier otro continente que solicite apoyo. Sin embargo, sigue existiendo una carencia al no disponer de un sistema estandarizado de gestión, que facilite la integración de recursos de diferentes organismos y países cuando trabajan conjuntamente en un evento. En cualquier otro tipo de emergencia resulta fundamental poder trabajar bajo este tipo de estándares. Por ejemplo, el terremoto que afectó a Turquía y Siria de 2022, que también puso de manifiesto la importancia de disponer de organizaciones y estructuras estandarizadas, como fue el caso de los grupos USAR. Estos grupos especializados en rescate de personas en catástrofes urbanas, como terremotos, pasan por certificaciones internacionales que aseguran una organización, funciones y recursos parejos para poder integrarse rápidamente con medios de otros países.

Actualmente, destacan dos modelos de gestión y dirección de emergencias (Navarrete, 2018):

- *Incident Command System* (ICS en adelante, por sus siglas en inglés), en España denominado Sistema de Mando de Incidentes o SMI, modelo más tradicional y utilizado. Tiene su mayor fortaleza en su capacidad para integrar coordinadamente medios heterogéneos en su estructura (Navarrete, 2018).
- *Gestion Opérationnelle et Commandement* (GOC, por sus siglas en francés), en España denominado Gestión Operativa del Mando o GOM, hace hincapié en estructurar y facilitar la toma de decisiones.

Estos modelos presentan muchas similitudes, aunque cada uno tiene enfoques distintos, potenciando fortalezas disímiles. Ambos, son modelos reconocidos internacionalmente que, sin embargo, no se aplican de igual forma en todos los países.

Además de los modelos mencionados, la Organización del Tratado del Atlántico Norte u OTAN dispone de su propio sistema, actualizado desde 2017, basado fundamentalmente en los aspectos más clásicos y generales del ICS, con la idea de tener la mayor interoperabilidad. Ciertamente, todos los países desarrollados aplican algún sistema de gestión, pero no están homogenizados, ni existe armonización entre ellos, lo que hace difícil su interoperabilidad en las situaciones críticas de una emergencia y dificulta el apoyo nacional e internacional. Más grave aún es en los países en desarrollo, en donde frecuentemente no se dispone de capacidad para desarrollar sistemas de gestión de este tipo de incidentes o los que existen tienen múltiples carencias. Es el caso de muchos países de Asia, salvo algunos como China o Japón con modelos propios, o de África, salvo Marruecos o Sudáfrica.

El GOM, desarrollado en 1996, es el sistema oficial en Francia y de países históricamente relacionados, como Marruecos. Por su parte, el ICS tiene una mayor expansión. Su origen se remonta a los años 70 en los Estados Unidos y es ampliamente utilizado, con más o menos desarrollo en el continente americano en dispositivos para incendios forestales. En Europa, España a través del Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF), dentro de la Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación del MITECO, lleva desde 1994 trabajando por una mejora de la coordinación entre administraciones, trabajando activamente junto con las Comunidades Autónomas, potenciando la aplicación del modelo ICS en el todo el territorio.

Se ha de tener presente la importancia de este reto global, pero también de forma específica en países con una organización territorial similar a España, donde el esfuerzo por desarrollar mecanismos de coordinación es debido a su mayor descentralización (Zwęgliński y Cordero, 2019). Además, existe un objetivo mayor con el fin de incardinarse con modelos internacionales homologados que aplican este sistema de manejo de emergencias. Esto facilita la colaboración y apoyo con otros países a través de mecanismos como el UCPM, así como también a través de otros programas nacionales, como el español denominado FAST (*Forest Fires Assessment and Advisory Team*). Este programa surge como un conjunto de especialistas y técnicos en IIFF que prestan apoyo a otros países y que, gracias a sistemas de dirección comunes basados en el ICS, su integración y su eficacia mejoran notablemente. Así ha ocurrido, por ejemplo, en el apoyo prestado a Chile (2023) desde España a través del MITECO y el programa FAST (Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Democrático, 2023b).

## 2.2. Nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad

Los cambios anteriormente descritos, en el escenario al que la sociedad se enfrenta, han generado nuevas necesidades técnicas y tecnológicas que minimicen las consecuencias de los actuales IFFF, especialmente desde el enfoque de la anticipación y alerta temprana, así como desde la mayor protección para los intervinientes en la extinción. La transformación inevitable que supone la incurción de nuevas tecnologías debe aprovechar todo el potencial existente, ya sea de procedencia pública o privada, abordando una transición justa e integradora, fomentando una educación accesible. Todas ellas, son ideas contenidas en el proyecto común de los ODS. Dentro del ODS 17, *Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible*, se refuerza el desarrollo de mecanismos para intercambiar conocimientos científicos, tecnologías e innovación, promoviendo su transferencia a países menos desarrollados.

Facilitar el acceso universal a la información, mejorar los procesos de recopilación uniforme de datos, desarrollar la robótica y las técnicas de Inteligencia Artificial, implementar nuevos modelos de realidad para la educación y la formación, etc., son ejemplos de cómo la innovación tecnológica puede fomentar herramientas en la gestión de IFFF que posibiliten nuevos enfoques en la prevención, así como en la estrategia, táctica y operatividad de los servicios de extinción. De esta forma, se consigue una mayor eficacia y optimización de los recursos y medios en condiciones de mayor seguridad. El desarrollo de estos campos, a su vez, tiene implicaciones en otros ODS, como *Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad* (ODS 15), *Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos* (ODS 4), *Reducir la desigualdad en y entre los países* (ODS 10) o *Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas* (ODS 16).

Se presentan, a continuación, algunas de las tecnologías que están proporcionando, o que proporcionarán en un futuro cercano, escenarios más seguros asociados a los IFFF.

### *Aplicación de la Inteligencia Artificial y el Big Data*

Los modelos de simulación existentes para predecir la evolución del fuego dependen de la calidad del dato a procesar, no solo de su método de análisis. De esta manera, los distintos simuladores, cada vez más modernos, implican una necesidad creciente de datos de calidad que faciliten una predicción fiable, que permita la toma de decisiones y la asignación de recursos, siendo más importante la calidad y número de datos que la elección del simulador en sí (Malen, 2009).

El desarrollo de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y *Machine Learning*, junto a nuevas tecnologías de comunicación, como el 5G y el desarrollo de la sensorización, abre nuevas posibilidades para abordar problemas relacionados con la toma de decisiones apoyados en el procesamiento y análisis masivo de datos (McLennan *et al.*, 2022). Partiendo de la premisa de la necesidad de anticiparse a las catástrofes y la mayor dificultad en la dirección de los incendios complejos, como los «megaincendios» que afectan a la población, el manejo de macrodatos y la aplicación de algoritmos de Inteligencia Artificial pueden ayudar a mejorar la gestión de forma más segura y eficaz, evitando los sesgos inevitables del sistema cognitivo humano. Será necesario potenciar el análisis de riesgos basado en un conocimiento más científico de los IFFF; pero también modelos que puedan integrar y analizar multitud de datos de los que se dispone hoy en día, prediciendo la evolución espacial y temporal de un gran incendio, las consecuencias sobre zonas de IUF, los efectos en cascada, reduciendo la incertidumbre ante una evacuación o un confinamiento, optimizando la capacidad de respuesta o evitando el colapso de los servicios de emergencias (United Nations Environment Programme, 2022). En resumen, integrar de forma dinámica la multitud de variables existentes para obtener resultados y predicciones que faciliten la toma de decisiones en estos entornos VUCA.

Actualmente existen diversos proyectos, tanto públicos como privados, que utilizan la IA para desarrollar sistemas predictivos, ya sea de alerta temprana (detectando o anticipando la evolución de

los incendios), como de aplicaciones para facilitar la toma de decisiones ante graves incendios que evolucionan rápidamente. Entre otros, el proyecto DeepCube, financiado por la Comisión Europea a través del Programa Marco Horizonte 2020, pretende mejorar la detección temprana y seguimiento de incendios, integrando las nuevas variables derivadas del cambio climático y aprovechando la potencia de la Inteligencia Artificial y la teledetección para minimizar el riesgo para las personas, utiliza, para ello, el potencial satelital de Copernicus, empleando la detección de zonas de temperatura alterada y cambios en el clima de la zona afectada. El proyecto es coordinado por el Observatorio Nacional de Atenas, con la participación organismos públicos y privados.

En la línea de las alianzas propuestas en el ODS 17 para lograr los Objetivos, una de las claves del futuro de esta tecnología para la gestión de emergencias será disponer de sistemas estandarizados de recogida global de datos que faciliten y mejoren el «aprendizaje» de las aplicaciones de IA, favoreciendo mecanismos de intercambio de conocimiento y apoyo a países con menores capacidades técnicas y de desarrollo.

### ***Entrenamiento con Realidad Virtual***

La necesidad de una formación adaptada a los nuevos escenarios y la posibilidad de mejorar el acceso a la misma han hecho evolucionar a los sistemas de Realidad Virtual que están siendo usados (Figura 10), entre otros, en entrenamientos de tácticas terrestres o en la coordinación de medios aéreos de extinción, sin la exposición a los riesgos asociados. Muchos de estos sistemas de entrenamiento para profesionales no solo tienen como objetivo formaciones de capacitación básica, sino también de mantenimiento y reciclaje, sobre todo en evaluación de riesgos y seguridad, como parte del entrenamiento en mandos y responsables de la gestión de emergencias mediante sistemas como el ICS. Es posible realizar reconstrucciones de incendios, incidentes y accidentes con el fin de entrenar y aprender en entornos controlados. Incluso se están utilizando como métodos de regreso al trabajo para trabajadores que han sufrido algún accidente en un incendio con consecuencias, ya sean físicas o mentales, incluso los trastornos de estrés postraumático (FLAIM, 2023).



**Figura 10.** Uso de gafas de Realidad Virtual en el monte.

Los ejercicios sobre el terreno, a veces con fuego real, no están exentos de riesgos y, como se mencionaba anteriormente, aquí reside una de sus ventajas. Según el estudio de Engelbrecht *et al.* (2019), en los Estados Unidos se produjeron 10 fallecidos y más de 8.000 heridos en 2017 relacionados con accidentes en formaciones y entrenamientos. Aborda además el uso de la Realidad Virtual, destacando entre sus fortalezas para entrenamientos mayores posibilidades de mejorar la seguridad de forma rentable y complementando el resto de los entrenamientos reales. Actualmente, tiene ventajas en la preparación psicológica y mental, permitiendo afrontar con mayor liderazgo, confianza y

seguridad las futuras experiencias en IIFF reales. La creación de escenarios complejos próximos al mundo real permite evocar respuestas fisiológicas y psicológicas bajo distintos tipos de estímulos de estrés, mejorando la preparación para ejecutar tareas reales. Además, es posible registrar múltiples parámetros, lo que facilita evaluar rendimientos y mejoras de los trabajadores.

### ***Drones, hidroaviones y robots autónomos***

Una de las soluciones técnicas que más se está implementando es el uso de drones como herramienta que facilita el reconocimiento de los incendios, la vigilancia y el seguimiento de su evolución. Es decir, son una herramienta de apoyo a la dirección de la extinción, ya sea en la toma de decisiones, control de las operaciones, detección de focos secundarios o reproducciones que produzcan atrapamientos, monitorización de los equipos de trabajo, seguimiento de evacuaciones, etc. El estudio de [Roldán-Gómez et al. \(2021\)](#) analiza, a través de encuestas al personal de los servicios de extinción, la viabilidad de su uso. Entre los resultados, destaca la valoración sobre la utilidad de los drones para ofrecer información ágilmente y en tiempo real, lo que hace que sus operaciones sean más seguras y eficaces.

Por otro lado, de los datos de intervinientes fallecidos de los servicios de extinción, cabe destacar, en segundo lugar, tras los atrapamientos de personal terrestre, aquellos relacionados con el uso de medios aéreos ([Figura 11](#)), ya sean hidroaviones o helicópteros de transporte y descarga de agua ([Cardil y Molina, 2013](#)). El Servicio Forestal de los Estados Unidos, comenzó en 2018 a incorporar aeronaves no tripuladas a raíz de varios accidentes aéreos que desde el 2010 habían dejado 16 fallecidos ([Braxton, 2021](#)). En su caso, utilizan los drones para lanzar esferas que producen pequeñas igniciones con el fin de facilitar la realización de quemas controladas y fuegos técnicos en incendios que sobrepasan las capacidades ordinarias de extinción que requieren de estrategias de ataque indirecto al fuego. Las limitaciones de un solo dron son evidentes, pero utilizando un conjunto de ellos es posible mantener un abastecimiento continuado de agua. El desarrollo de nuevos sensores, junto a nuevas propuestas como el uso de «enjambres de drones», proporciona nuevas posibilidades con efecto directo en la mejora de la seguridad. Paralelamente, se están desarrollando hidroaviones no tripulados con capacidades de carga cercanas a los 2.000 litros, ya sea agua o también retardantes.



**Figura 11.** Hidroavión, empleado en la lucha contra incendios, descargando agua.

El presente ya ofrece distintas opciones para la aplicación de drones en la gestión de los IIFF. La severidad de muchos de los IIFF actuales hace que las operaciones terrestres en el frente de llama sean mucho más inseguras y, a veces, ineficaces por la energía liberada, teniendo que recurrir a estrategias de ataque indirecto, fundamentalmente eliminando combustible con fuegos técnicos o

elaboración de líneas de defensa (United Nations Environment Programme, 2022). La tecnología autónoma de los drones se ha ido aplicando progresivamente a otros dispositivos. La incursión de robots móviles autónomos para trabajos en zonas de alto riesgo ya ha comenzado a utilizarse en el ámbito de los incendios estructurales. Sirva como ejemplo el caso del incendio de la Catedral de Notre Dame en 2019 en el que se utilizó el robot «Colossus» para trabajar en el interior, cuando existía un riesgo elevado para los bomberos por desprendimientos, e incluso colapso estructural. De la misma manera, en el ámbito de los IIFF existen varias compañías con robots tácticos que permiten su utilización no solo optimizando los trabajos de supresión, sino reduciendo la exposición a riesgos de los intervinientes (Braxton, 2021).

El Departamento de Bomberos de Los Ángeles, California, tiene en su dotación un robot que les permite no solo llevar a cabo labores de extinción en terrenos abruptos y complejos, sino también el despliegue rápido de líneas de manguera o de transporte de material. A través de los avances en sensorización e IA es posible que con la información recogida sea capaz de tomar decisiones en base a la misión encomendada. Siendo conscientes de que no supone reemplazar a los efectivos de extinción, este tipo de herramientas complementan los dispositivos utilizándose para las zonas y operaciones más críticas, sin arriesgar la seguridad de los intervinientes.

### *Uso de radiosondas en tiempo real para análisis atmosférico*

El uso de radiosondas lanzadas a la atmosfera en grandes incendios permite disponer de datos directos de la zona atmosférica del IIFF y, por tanto, predecir inversiones térmicas, cambios de viento a diferentes alturas que afecten a valles y laderas, fenómenos de cizalladura, etc. De esta manera, es posible mejorar la predicción de comportamientos extremos debido a la formación de pirocúmulos, y su posible desplome, en incendios de 5ª y 6ª generación que llegan a alterar la propia atmósfera en su zona de afección (Anexo A). Esta situación es una de las más peligrosas y ha generado numerosos accidentes debido a los fuertes vientos descendentes, incrementando la velocidad de propagación y los focos secundarios. Con el apoyo de figuras como el analista de incendios, el radio sondeo es una herramienta eficaz y de bajo coste, que facilita la toma de decisiones desde el punto de vista de la seguridad, especialmente para los intervinientes. En recientes incendios en España, como el de Sierra Bermeja (Málaga) en 2022, se utilizaron radiosondas para decidir cuándo era necesario retirar al personal de extinción trabajando en la zona por la formación de pirocúmulos y el consecuente comportamiento extremo del incendio (INFOCAM, 2022).

### **2.3. Autoprotección, formación e información**

Se ha expuesto cómo los grandes incendios actuales sobrepasan las capacidades de respuesta y control por sus comportamientos extremos influenciados por el cambio climático y cómo la gestión de riesgos se complica con la organización de la protección de las personas en entornos de dispersión en terreno forestal. A la hora de considerar de forma integral la seguridad de las personas ante estos riesgos, es necesario tener presente una variable más: la percepción que se tiene de estos por cuanto afectará al comportamiento humano y a las consecuencias que puedan producirse. Entender y saber interpretar el riesgo y, en consecuencia, cómo responder ante él, es un factor que debe considerarse desde el enfoque integral de los IIFF.

En el marco de la Agenda 2030, involucrar a las comunidades en la formación para la prevención y la anticipación es una meta por conseguir dentro del marco de la adaptación y la resiliencia frente a eventos extremos de incendios. No es algo novedoso, pues ya en los Estados Unidos, en torno al año 2000, surge el concepto de *fire-adapted communities* (comunidades adaptadas al fuego), en las que se integraba a la población local en la planificación, preparación, respuesta y recuperación ante los IIFF (Wildland Fire Executive Council, 2014). El fuego, hoy en día más que nunca, es un elemento más de nuestro ecosistema y, por ello, es necesario aprender a convivir con él (Figura 12), especialmente en las zonas de interfaz donde se necesita crear una cultura en la que las personas entiendan el nivel de vulnerabilidad y riesgo al que están expuestos (Rifà y Castellnou, 2007). La sociedad debe

estar informada correctamente sobre los riesgos que existen. La percepción del riesgo puede ser muy variable en la población, e incluso del conocimiento sobre las posibilidades de control de incendios extremos por parte de los servicios de emergencias. Por ello, la adaptación a los nuevos desafíos en la seguridad humana debe ir acompañada de herramientas de comunicación y concienciación. En territorios con capacidades limitadas para mitigar los incendios, como en la Amazonía (Brasil), se han diseñado programas basados en la educación, la difusión y la transparencia de la información para disminuir el riesgo de igniciones y el impacto de los IIFF (United Nations Environment Programme, 2022).



**Figura 12.** Niños cogidos de la mano corriendo por la margen de un río que transcurre en paralelo a un incendio.

De forma paralela, se debe tener presente la autoprotección, no solo en un ámbito urbano-forestal sino especialmente en el rural-forestal, donde se encuentran poblaciones más envejecidas, peores vías de comunicación e infraestructuras y tiempos de respuesta de los servicios de extinción mayores. La formación e información en autoprotección juega un papel necesario para mejorar la seguridad en situaciones de crisis, cuando, por ejemplo, es necesario decidir si evacuar o confinarse hasta que lleguen los bomberos. Los casos de accidentes en estas situaciones son variables, pero estudios como el de Stasiewicz y Paveglio (2021) destacan la influencia de la preparación de las personas en la mejora de las decisiones que toman y, con ello, las posibles consecuencias para su seguridad y la de la comunidad en su conjunto. Siendo conscientes de que no será posible evitar la ocurrencia de IIFF, implementar infraestructuras tolerantes al riesgo de IIFF, así como una formación básica sobre protección ante la llegada del fuego a las edificaciones o los peligros de una evacuación errónea, permiten a las personas disponer de recursos y capacidades para controlar o minimizar riesgos, a la par que la sociedad se implica como parte de la solución a este problema transversal. En España, las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales recogen, como uno de los principios rectores, la corresponsabilidad, incluyendo a actores públicos y privados y, sobre todo, a la propia sociedad como parte de los sistemas de protección civil. Preparar a los ciudadanos en ciertos entornos, crear una cultura del riesgo con campañas de concienciación, implicar a las comunidades locales mediante el voluntariado tanto en prevención como en extinción, iniciativas participativas con el ámbito rural, así como regulaciones normativas que concilien intereses de los ciudadanos y la seguridad, se postulan como líneas de acción obligadas para la reducción del riesgo. Este tipo de programas han comenzado a implantarse en distintos países en los últimos años. En California, se han realizado campañas educativas y de información a través de medios generales y específicamente a propietarios de viviendas en zonas de IUF. La educación preventiva también tuvo un fuerte impulso en el ámbito escolar, preparando así el futuro de ciudadanos más concienciados y preparados. En 2011, el Servicio Forestal de

los Estados Unidos estimaba una relación coste-beneficio entre los gastos de extinción y la inversión en formación e información de 35:1 (Stein *et al.*, 2013).

Por otro lado, existen nuevas competencias y figuras profesionales que ya se están implementando en los dispositivos para adaptarse a las nuevas necesidades y aumentar los estándares de seguridad a distintos niveles. Como ejemplo, cabe destacar el oficial de seguridad, encargado y responsable de la seguridad de las operaciones; el coordinador de medios aéreos, garantizando la seguridad de los medios aéreos intervinientes en el incendio; o el analista de incendios, con la función de anticipar la evolución y efectos de IIFF mediante simuladores o radiosondas, entre otros (Terrén *et al.*, 2009).



# 3

*Capítulo*

RETOS





## CAPÍTULO 3. RETOS

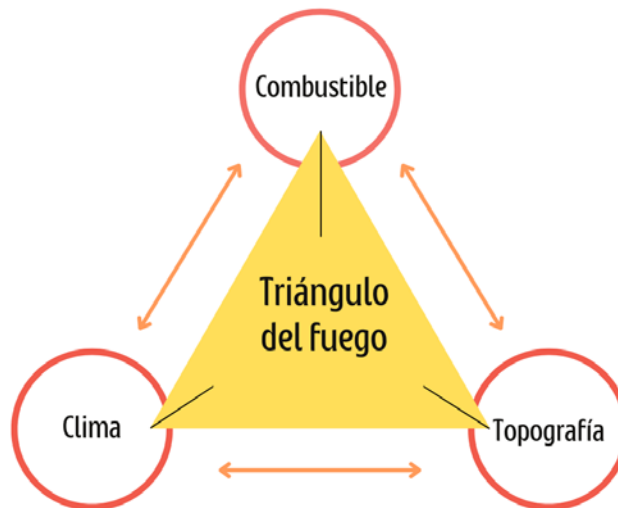
Independientemente del origen de los IIFF, la influencia del clima, materializada en la predisposición del combustible vegetal por las condiciones de baja humedad del combustible y estrés hídrico, junto con la situación sinóptica del momento (viento, temperatura, potencial convectivo, etc.), es, a corto plazo, la clave de los grandes incendios de alta intensidad y velocidad (Resco de Dios y Nolan, 2021). Si a ello se suma un escenario complejo (topografía, Interfaz Urbano-Forestal, accesibilidad, infraestructuras no adaptadas, etc.) se tiene como resultado «megaincendios» de alto impacto en las comunidades. En consecuencia, los IIFF son y serán cada vez más complejos y difíciles de gestionar (no sólo para su resolución, sino desde la perspectiva de la seguridad de las personas), derivado de la situación de calentamiento global, que favorece una mayor disponibilidad de la biomasa y variables atmosféricas extremas que potencian su gravedad.

El conocimiento del cambio climático y del calentamiento global aún no ha servido para revertir un escenario que influye de manera directa en el comportamiento de los IIFF y en sus consecuencias. Reforzando el compromiso mundial, el Acuerdo de París (2015) incluyó el objetivo de limitar el calentamiento por debajo de 2°C por encima de los valores preindustriales, algo que ha sido reflejado en los ODS. Las metas previstas para la Acción por el clima del ODS 13 están lejos de hacerse realidad, más aún cuando no se han podido alcanzar los objetivos del Acuerdo de París aplicando, entre otras estrategias, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2022b). La pandemia de la COVID-19 tampoco ha ayudado a que los gobiernos centren sus prioridades en estos objetivos; aunque también podría convertirse en una oportunidad para repensar y transformar las estrategias de desarrollo futuras. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2021 acordó limitar el aumento a solo 1,5°C y aumentar los compromisos para conseguir este objetivo. Modelos predictivos como el Copernicus de la Unión Europea pronostican un incremento de la temperatura media de 1,5°C para el año 2035, con mayores episodios de valores extremos y situaciones frecuentes de sequía y escasez de precipitaciones.

### 3.1. La prevención y gestión forestal

Si bien no se incluyera en el capítulo anterior, como un factor con capacidad para reducir el impacto y mejorar la adaptación y resiliencia futura a los IIFF, la prevención y la gestión forestal se entienden como parte intrínseca de esta compleja realidad que se plantea, además de ser parte de la solución y todo un reto, siendo un factor *sine qua non* en la lucha contra los incendios. Es por ello que las estrategias clásicas para enfrentarse a los incendios extremos actuales han perdido su eficacia, hasta el punto de que un aumento de los recursos de extinción no asegura una protección eficaz de las personas, bienes y medio ambiente (Wotton *et al.*, 2017). Las estadísticas anteriormente citadas muestran cómo los grandes incendios no son un suceso exclusivo de las últimas décadas. Sin embargo, el incremento de medios, recursos y conocimiento sí que ha sido significativo, con buenos resultados desde los inicios de este siglo. En los Estados Unidos el incremento de los medios de extinción ha aumentado en más de un 600% desde 1985 hasta 2013 (McCarthy, 2014). Por el contrario, actualmente muchos IIFF están superando su eficacia, rompiendo el paralelismo entre más medios y un control más rápido de los IIFF con menores riesgos.

Existen 3 variables directas del comportamiento del fuego forestal (Figura 13), aunque realmente solo es posible influir sobre la variable del combustible, dado que sobre la topografía y el clima no se tiene capacidad de modificación.



**Figura 13.** Factores que influyen en la intensidad y comportamiento de los IIFF. Fuente: Elaboración propia.

En correspondencia con las acciones contra el calentamiento global recogidas en los ODS, el combustible es el elemento sobre el que centrar los esfuerzos a corto y medio plazo para reducir la intensidad de los incendios. Actuar sobre el combustible en un IIFF desarrollado ya no asegura un control efectivo por parte de los medios de extinción. El tratamiento de los combustibles forestales de forma preventiva y planificada, creando discontinuidades y, por tanto, mejores oportunidades para el control cuando se produce un incendio se presentan como una opción imprescindible. No solo resultará más rentable económicamente frente al gasto de extinción, sino más eficaz y, sobre todo, seguro para los intervinientes y población. La acumulación de material de combustible, principalmente seco y muerto conduce a rápidas propagaciones, con elevada energía liberada que, como se ha expuesto, supera las capacidades de los medios de extinción terrestres y aéreos. Para la mitigación del riesgo de «megaincendios» no existen recursos, equipos o tecnologías suficientes, lo que provoca una situación con estrategias reactivas de defensa. Los tratamientos de los combustibles, mediante quemas controladas o reducción de la cantidad de biomasa disponible, no van a detener por sí solos los incendios, pero van a permitir una mejor gestión del riesgo con mayor anticipación (United Nations Environment Programme, 2022).

Igualmente, la ordenación del territorio es necesaria para influir sobre la localización de edificaciones, usos y actividades, materiales constructivos, etc. dado que esto afectará a la exposición y vulnerabilidad de la población. No en vano, cada vez son más visibles las referencias a los incendios forestales en normativas actualizadas como muestra el Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, dentro de las condiciones de aproximación y entorno, reforzando la modificación del 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, a cargo del Real Decreto 524/2023, de 20 de junio, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil. Inclusive tendrá influencia en la respuesta reactiva ante un IIFF, facilitando vías de evacuación, infraestructuras para los servicios de extinción o protocolos de confinamiento (Serra *et al.*, 2019). En Europa, España seguido de Grecia y Francia son los países que más invierten por hectárea para luchar contra los IIFF (Hernández, 2019). Si bien, llama la atención la diferencia entre el gasto en extinción y en prevención (Hernández, 2019).

Además, no será posible este carácter integral sin la interacción de las comunidades locales, reconociendo las prácticas tradicionales de gestión, la participación en la gestión del territorio, así como fortaleciendo su preparación y autoprotección como forma de adaptación al riesgo. En países como Brasil, Venezuela, Australia, Canadá o los Estados Unidos, ya se aplican programas que integran las actividades locales e indígenas en la gestión del territorio como medida más eficaz y económica de gestión del riesgo de incendios extremos, a la par que se reduce la despoblación y el envejecimiento rural. Estos programas incluyen el apoyo a las comunidades rurales, reconociendo su papel en la prevención

a través de actividades agroganaderas tradicionales (United Nations Environment Programme, 2022).

Como se ha expuesto anteriormente, el paradigma actual de los «megaincendios» predispone al colapso de los servicios de extinción, exponiendo a los intervinientes a situaciones de grave riesgo en las que las labores de supresión no son efectivas, debido a las elevadas energías y velocidades que desarrolla el incendio. Ese colapso de los servicios, a su vez, lleva al peligro de no poder atender y proteger a las personas y sus bienes cuando afectan a zonas de IUF. Sin un territorio más gestionado actuando sobre el combustible, solo cambios en las variables meteorológicas pueden abrir una ventana de oportunidad al control de los eventos extremos de incendios forestales.

### 3.2. La formación

Bajo el prisma de una cultura más sostenible, la comunicación, información y sensibilización ante este problema multisectorial, a la par que formar e implicar a la sociedad en su seguridad y salud, se convierte en un elemento imprescindible para el adecuado cumplimiento de los ODS. Se consigue así optimizar los recursos económicos, reduciendo el impacto especialmente en países menos capacitados, así como los daños a personas mediante una educación preventiva.

Por otro lado, no debe olvidarse la propia formación de los servicios profesionales de extinción, que deben adaptarse a este nuevo paradigma de incendios. Adaptación que no se centra exclusivamente en cuanto a formación, con las distintas novedades tecnológicas existentes, sino, como se ha mencionado anteriormente, en mejorar las capacidades de colaboración y coordinación entre distintos dispositivos y servicios. El estudio de Ghaffariyan (2016) sobre accidentes en incendios y actividades forestales en Australia señala el error humano como principal causa de estos, junto a la falta de información en seguridad. Como indica Murga (2015), el eje central debe ser la calidad de la educación y la formación, adaptada de forma flexible a las nuevas competencias específicas que se necesitan. Es una oportunidad para cumplir con las metas del ODS 5, *Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas*, promoviendo la participación de las mujeres y favoreciendo la igualdad de género, y del ODS 4, *Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos*, facilitando el acceso a la educación, tanto de niños, como de jóvenes y adultos, y especialmente en las poblaciones más vulnerables.

### 3.3. Enfoque desde los ODS

Las previsiones nos conducen a un empeoramiento de las condiciones climáticas hasta 2030 y, de forma paralela, del impacto de los IIFF en la sociedad. El escenario a corto plazo no va a mejorar de cara al comportamiento de los IIFF, más aún cuando a partir de finales de 2023 las condiciones climáticas evolucionen hacia el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur, periodo en el que históricamente han aumentado los incendios en número y gravedad (Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas, 2022, p.34). En el año 2023 no se aprecian cambios de la tendencia de los últimos años. Los datos hasta marzo confirman estas previsiones, tanto en volumen de incendios como, sobre todo, en superficie afectada. Sirva como ejemplo el caso de España, que a fecha 2 de abril supera en más de 30.000 ha quemadas la media de los últimos 17 años (European Forest Information System, 2023).

Además, la seguridad en incendios que, por norma general, se asocia al ámbito de la intervención y su entorno más próximo, se ha extendido a la sociedad en su conjunto. No solo se ha incrementado el impacto directo en la población por la combinación de los «megaincendios» y el crecimiento de las zonas IUF, sino que se observa que existen evidencias de efectos indirectos a medio y largo plazo en la salud de las personas por la contaminación de los humos, sin que necesariamente se encuentren en los territorios calcinados más cercanos. Hasta 33.500 personas se estima que se han visto afectadas en su salud por las partículas derivadas de los humos de los IIFF (Chen *et al.*, 2021). Los elevados incrementos de la contaminación registrados en distintos incendios de todo el mundo, y las amplias distancias y espacios de afectación, suponen un claro impacto en la seguridad y salud de las personas, remarcando la globalización del problema de los IIFF (Xu *et al.*, 2020). También aquí se plasma la dimensión de amenaza global, con efectos mucho más allá de los medioambientales, y que consolida el enfoque de mu-

chos de los ODS relacionados con la salud y el bienestar, la contaminación y la vida en los ecosistemas.

El crecimiento de las zonas de Interfaz Urbano-Forestal es un tercer factor que ha provocado consecuencias muy negativas al predisponer escenarios en los que el fuego afecta más directamente a las poblaciones y sus bienes. Como se mencionaba anteriormente, el enfoque predominante en la extinción, como forma principal de defensa ante los incendios, ya no es suficiente para garantizar la seguridad de las personas, los bienes y el medio natural. Es la gestión del territorio lo que permitirá una mejor adaptación frente a los IUFF, al permitir una gestión del riesgo. [Modugno et al. \(2016\)](#) propone desarrollar líneas comunes de trabajo para identificar y mapear las zonas de IUF, integrándolas en planes específicos. La realidad es que, simplemente tomando como caso la propia Unión Europea, existe una normativa variable entre países, e incluso dentro de ellos, como ocurre en países descentralizados como España o Italia. Cuando no existe una definición común de lo que implica un incendio extremo o de una IUF, es difícil que se desarrolle una legislación común y homogénea. De hecho, si el fin es garantizar la seguridad de personas y sus bienes, y dado el impacto socioeconómico, sería necesario incluir otras áreas de actividad humana como las industriales, comerciales, etc. ([Figura 14](#)) y no exclusivamente las zonas de carácter residencial en las IUF. Aún más trascendencia tiene en las zonas de urbanización dispersa, en zona forestal, donde la consideración del riesgo, debe ser un parámetro de referencia para la ordenación espacial e incluso la arquitectura y construcción de las infraestructuras ([Galiana, 2012](#)). En este sentido, la Agenda 2030 promueve acciones convergentes hacia mismas metas, lo cual favorece el acercamiento de normativas y estrategias preventivas frente a los incendios. Conforme a esto, en el año 2023 el UCPM, aunque va a realizar una fuerte inversión en duplicar los medios aéreos de extinción, también ha diseñado, a través de la Comisión Europea, un plan de acción preventiva. Los objetivos de este plan son mejorar la capacidad administrativa, el conocimiento e intercambio de información y la evaluación de las capacidades de los países, así como aumentar la inversión en prevención ([Comisión Europea, 30 de mayo de 2023](#)).

El incremento, observado en distintas regiones europeas y otros continentes, debe conducir a esfuerzos por remodelar las políticas de planificación del territorio y de gestión del riesgo que permitan disponer de la capacidad técnica para mitigar los efectos en la IUF. La planificación del territorio, como forma de prevenir, especialmente en áreas urbanas próximas al entorno forestal, forman parte de varias metas del ODS 11, *Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*, como impulso a la sostenibilidad y seguridad de las ciudades y comunidades, y como oportunidad para mitigar el impacto de incendios con gran potencialidad de daños.



**Figura 14.** Bomberos sobre una plataforma elevadora de brazo en la lucha contra la extinción de un incendio en un entorno urbano.

Esta variable de la interfaz se relaciona estrechamente con el factor analizado de la prevención, la cual se convierte en un elemento transversal, más allá de límites administrativos y competencias sectoriales, en el que participan distintos actores, desde los servicios de extinción, los servicios forestales y del medio ambiente, los servicios de urbanismo y planificación, y la propia sociedad; y que, sin duda, necesita de un compromiso de las instituciones para aportar los recursos económicos necesarios y el impulso firme tal como recogen los ODS.

No va a ser posible suprimir por completo la existencia de IIFF, y los que se sufran serán cada vez más complejos, haciendo que su gestión suponga nuevos desafíos; por lo que las líneas de acción a futuro que contempla la Agenda 2030 pasan por un mayor esfuerzo en prevención que, al menos, reduzca el impacto en la sociedad y proporcione una gestión forestal a medio y largo plazo mejor adaptada al escenario actual.

Una organización del territorio distinta a la realizada hasta ahora, modificando la planificación urbanística en la Interfaz Urbano-Forestal y disminuyendo la carga de combustible disponible para crear un paisaje discontinuo en forma de mosaico, se configura como una solución proactiva más eficaz frente al impacto de los IIFF. El conocimiento científico del comportamiento del fuego, integrando la ecología del fuego, facilita un enfoque preventivo del riesgo mediante la gestión del territorio; conocimiento que debe recogerse en planes y estrategias de prevención y emergencia, dándose a conocer con transparencia a todos los actores implicados (Rifà y Castellnou, 2007).

A nivel internacional, el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas en su informe con el GRID-Arendal (United Nations Environment Programme, 2022) contempla esta visión integral, y propone una gestión de los incendios en 5 fases, donde las primeras se basan en la prevención y en la preparación, no solo de los servicios de emergencia sino de las comunidades locales, promoviendo una cultura de anticipación.

A nivel nacional, sirva de ejemplo España donde de acuerdo con los Principios Rectores de las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales en España (2022), el enfoque de la prevención debe ser integral y al amparo de criterios técnicos y científicos, donde prime la seguridad de las personas y la seguridad operativa con el fin de crear un entorno que favorezca el control de incendios con un menor riesgo. Sin embargo, la falta de un apoyo a largo plazo en el mantenimiento y seguimiento, así como la modificación de prioridades, por falta o mala gestión del presupuesto, hacen que muchas de estas estrategias no tengan éxito (United Nations Environment Programme, 2022).

Si en conjunto deben reinterpretarse cómo se comportan los incendios y pasar de acciones reactivas a la proactividad, como pilar fundamental para la gestión de los incendios, también es necesario mejorar las capacidades y mecanismos que reduzcan estos riesgos, o bien que faciliten la anticipación a los mismos.

Como complemento de la visión preventiva, la propuesta analizada de informar y formar en la cultura del riesgo y la autoprotección, haciendo partícipe a la sociedad en su conjunto, es una oportunidad para reducir el riesgo ante eventos críticos. Por ejemplo, la decisión de realizar una evacuación resulta trascendental en la seguridad de las personas, y necesita disponer de información completa y rigurosa, así como de la experiencia y capacitación para dar la orden final. Hay que tener también presente que, cuando la dirección operativa del dispositivo de extinción se plantea evacuar a personas, las circunstancias del incendio son peligrosas o muy peligrosas y, por tanto, lo habitual es que la progresión de las llamas sea rápida, con existencia de focos secundarios y otros riesgos asociados en cascada; con escaso tiempo de organización y reacción, así como de número de medios, en las primeras evacuaciones; y, en muchas ocasiones, con la situación agravada de que se producen en horario nocturno.

Debido a la ocurrencia de incendios cada vez más virulentos, rápidos y peligrosos para la población, el confinamiento se postula como la alternativa más segura en muchos casos. Pero ello también debe ir acompañado de otras medidas pasivas de seguridad, como infraestructuras y edificaciones tolerantes a estos patrones de incendios que minimicen el riesgo.

Precisamente, los ámbitos del urbanismo y la arquitectura de las instituciones deben ser conscientes de estas situaciones y estar directamente implicado como elemento de adaptación a estos riesgos.

La ciencia y la tecnología, junto a la formación y profesionalización de los servicios y organizaciones, pueden aportar soluciones más eficaces y seguras desde el enfoque de la anticipación. Distintas tecnologías ya se están implementando, como es el caso del uso de robots autónomos y drones. El futuro de estos pasa por el desarrollo de aeronaves con mayores capacidades de carga y tiempos de operación, el acceso económicamente viable para todos los países, así como abordar la adaptación y formación tecnológica. Por otro lado, como complemento a la formación y el entrenamiento en entornos seguros, el uso de tecnologías de Realidad Virtual tiene mucho desarrollo por delante, tanto en *software* como la estimulación multisensorial por *hardware* específico, las experiencias en otros ámbitos como la medicina donde la Realidad Virtual es el presente, hace pensar en un elemento complementario, de alta eficacia y bajo coste, al resto de sistemas de formación. Aún es necesario desarrollar aplicaciones más especializadas, así como superar la barrera tecnológica que puede llegar a suponer adaptarse a estos sistemas (Engelbrecht *et al.*, 2019). Dentro del proyecto europeo *Advanced Forest Fire Fighting* (AF3) se ha desarrollado el programa de formación de Realidad Virtual ERVIN y la herramienta de gestión «Emercato», así como aplicaciones que permiten monitorizar variables fisiológicas y parámetros de esfuerzo con el fin de preparar con mayor seguridad a los intervinientes.

Existe un alto nivel de concienciación sobre los desafíos a los que países y estados se enfrentan en el ámbito de los riesgos y desastres como consecuencia de los incendios forestales. Sin embargo, la Agenda 2030 es un proyecto ambicioso, y la consecución de algunas metas de los ODS no está siendo suficientemente ágil, especialmente las relacionadas con el cambio climático y la sostenibilidad de las comunidades (Naciones Unidas, 2023). Por otro lado, las metas del Marco Sendai, interrelacionadas con los ODS y centradas en la elaboración de estrategias de acción, establecían el año 2020 como plazo límite para su cumplimiento. Solo un 40% de los países firmantes disponen de estrategias nacionales, siendo menor el porcentaje en el caso de las estratégicas locales (Naciones Unidas, 2020).

A pesar de todo, países que históricamente han sufrido grandes catástrofes relacionadas con los IIFF han desarrollado, en los últimos años, distintas estrategias para hacer frente a estos desafíos actuales. Los Estados Unidos llevan desde el año 2009 aplicando un programa nacional para la seguridad en los IIFF, basada en 4 pilares: la gestión de la vegetación y los combustibles, la protección de las comunidades y otros valores en riesgo, mitigar los incendios por causas humanas, y la gestión de la respuesta efectiva y eficiente de los servicios de emergencia.

Es interesante mencionar que no solo han desarrollado líneas de actuación estratégicas, sino que de forma asociada y complementaria un Plan de Acción Nacional para poder llevar a término las tareas necesarias que den cumplimiento a la Estrategia (Wildland Fire Executive Council, 2014). Por su parte, Australia, que ha sufrido algunos de los IIFF con mayor impacto para las personas y sus bienes, ha desarrollado programas y estrategias para orientar los esfuerzos y las líneas de actuación futuras. A través de las Universidades de RMIT y Curtin, ha elaborado recientemente un interesante programa denominado *Workforce 2030*, donde precisamente realizan un estudio sobre los factores que más afectarán en un futuro próximo a la seguridad frente a los IIFF (McLennan *et al.*, 2022). Este programa recoge muchas de las ideas fuerza contenidas los ODS, a través de una gestión integral e integrada de los riesgos, priorizando la seguridad de las personas y, sobre todo, las más desfavorecidas; haciendo partícipe a toda la sociedad y apostando por el conocimiento y las nuevas tecnologías. Destacan 7 factores del «paisaje cambiante», como se denomina debido a la incertidumbre actual, relacionados con los cambios que se están produciendo en los escenarios en IIFF y que afectan su gestión como emergencia:

1. Cambios demográficos, con una población más envejecida, en entornos rurales despoblados y más complejos de gestionar frente a un incremento de la densidad en ciudades y urbanizaciones dispersas.

2. Nuevas preocupaciones en la seguridad laboral ante riesgos más impredecibles y con mayor impacto, así como la necesaria adaptación a factores como las nuevas expectativas de seguridad de los trabajadores o la incursión de las nuevas tecnologías.
3. Mayor profesionalización de los servicios de emergencias, a la par de la necesidad de implementar estrategias de participación y colaboración de la sociedad en grandes emergencias, especialmente canalizado a través de agrupaciones de voluntarios.
4. Nuevas tecnologías físicas, relacionadas con la dependencia y mejora futura de las redes de comunicaciones, el uso de drones, robots y nanotecnología; o las propias infraestructuras, para hacer frente a los incendios con una mayor seguridad. No se obvia que, estas mejoras, pueden acarrear otros problemas, como los relacionados con la ciberseguridad.
5. Nuevas tecnologías digitales. Paralelamente a la mejora de tecnologías como el 5G, el desarrollo de nuevas aplicaciones informáticas basadas en Inteligencia Artificial abren nuevas posibilidades para mejorar la toma de decisiones en los incidentes, aumentando la capacidad de reacción y de predicción. Además, proponen aprovechar el potencial de comunicación de las redes sociales para grandes emergencias y desastres, facilitando la recopilación de información y la colaboración distribuida, externa y abierta. Es lo que se conoce actualmente bajo el neologismo de *crowdsourcing*.
6. La confianza en la Administración Pública, como máximos responsables de dar forma a una organización que incremente la seguridad de nuestra sociedad. Sin embargo, también destaca la importancia de la participación de la comunidad y la necesidad de que la sociedad civil asuma su responsabilidad, como parte del sistema de protección civil.
7. Cambio de los riesgos a nivel mundial, no solo por el impacto del cambio climático, sino también por otros riesgos, como ha sido la pandemia de la COVID-19. Toda una serie de riesgos interconectados desafiarán la seguridad y bienestar de la sociedad, así como la de los servicios de emergencias.

Aunque con demora, en Europa, países como España han desarrollado programas para afrontar la transversalidad y complejidad del aumento de los incendios extremos. Las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales en España, aprobadas en 2022, reconocen los incendios forestales como uno de los riesgos más importantes de seguridad relacionados con el cambio climático, por su cada vez mayor recurrencia y severidad. Son un reflejo del esfuerzo por dar una respuesta unificada a un problema que integra a múltiples sectores, agentes públicos y privados. Alineadas con la Agenda 2030 y el Marco Sendai, estas Orientaciones proponen una gestión integral coordinada y corresponsable de toda la sociedad, bajo la prioridad del interés social, la seguridad del operativo y de la población general. Para ello, son necesarias fórmulas de reducción del riesgo, profundizando en el conocimiento y la investigación, y en la adaptación para lograr un entorno más resiliente ante estos desastres. Establece una serie de principios básicos con el fin de guiar el futuro de la gestión de los incendios, entre los que se fomenta la participación social y la implementación de mejoras tecnológicas de forma progresiva.

No obstante, no solo los países de la cuenca mediterránea están haciendo un esfuerzo por implantar estas hojas de ruta; territorios que actualmente sufren IIFF como los Países Bajos, con una media de 1.000 incendios anuales en el periodo de 2017 a 2021, ya han comenzado a abordar estos riesgos elaborando estrategias propias de actuación y adaptando sus dispositivos de emergencias (Verhoeven *et al.*, 2023). Suecia, Finlandia o Noruega están capitalizando la experiencia de otros países del sur de Europa, comenzando a desarrollar su planificación y preparación, así como reforzando la colaboración internacional ante la recurrencia de IIFF, como los sufridos en Suecia en 2018.

Ante las carencias de estos programas y estrategias, en algunos países, organizaciones independientes como la *Association for Fire Safety Science* (IAFSS por sus siglas en inglés), formada por 40 países, también han elaborado su propia adaptación de la Agenda 2030, con el fin de mejorar la

seguridad basándose en el plan de acción de los ODS. El programa de la IAFSS destaca la importancia de factores claramente reconocidos en los ODS; por un lado, el cambio climático, la resiliencia social ante los desastres y la aplicación de medidas sostenibles y, por otro, los desafíos del urbanismo (Figura 15) y la globalización. La investigación se presenta como una oportunidad para comprender mejor los comportamientos de los incendios en el nuevo contexto climático y social, para desarrollar el uso de nuevos materiales y tecnologías de construcción, y para mejorar la gestión de los incidentes, no solo en la respuesta y control sino también en la recuperación y adaptación a futuros eventos. Además, introduce la importancia de nuevas regulaciones y directrices globales y actualizadas, especialmente en las zonas IUF. Junto a ello, propone una mejora de la formación y educación, con un carácter más estandarizado, tanto en el ámbito profesional como en la sociedad general (McNamme *et al.*, 2019).



**Figura 15.** Trazado urbanístico característico de las zonas residenciales alejadas de los núcleos urbanos, con disposición de reticular de las vías.

Este incremento de la cooperación nacional e internacional refuerza, como uno de los factores identificados, la necesidad de coordinación de los recursos disponibles, tanto para optimizar la respuesta de protección a la población, como para garantizar la seguridad del propio operativo. Compartiendo objetivos con la Agenda 2030, expertos en la gestión de emergencias han propuesto que la Unión Europea desarrolle, en un futuro próximo, un sistema de mando propio, que sea estandarizado, integrador, común y fácilmente modulable a los recursos de cada país común, basado en los modelos existentes (Monet *et al.*, 2020). De forma paralela, el desarrollo tecnológico en el campo de las redes digitales y el 5G es una oportunidad para superar el inconveniente de la falta de un estándar en las comunicaciones, factor que también dificulta la integración entre servicios. Estas características deben ser primordiales en un futuro desarrollo de este sistema, pues debe respetar los existentes y facilitar su acoplamiento con otros elementos de ayuda internacional; es decir, basado en un sistema modular compatible con los sistemas más usados como el ICS o el GOC. Los incendios en Grecia en 2018, y Francia y España en 2019, en los que se desplegaron medios del UCPM, confirman la importancia de complementar este mecanismo con un sistema de manejo de incidentes que sea capaz de engranarse con modelos como el ICS o el GOC (Comisión Europea, 2019). Más aun teniendo en cuenta cómo el factor del cambio climático está llevando las emergencias por IIFF a países con escasa o nula tradición de ellos, como son aquellos situados más al norte de Europa o regiones de Canadá. En el reciente caso de Suecia, un país con escasos recursos para hacer frente a los incendios que sufrieron en 2018, se utilizó el sistema de gestión del que dispone la OTAN para coordinar las operaciones, a pesar de ser la activación y participación más importante del UCPM desde su creación. La falta de un sistema de organización y mando, así como formación del mismo, se convierte en un problema que resta eficacia

a la gestión de los incendios y donde la visión integradora de los ODS debe inspirar a superar estos obstáculos. Muchos programas y estrategias estatales recogen las necesidades puestas de manifiesto en los ODS. En el caso de España, dentro del Objetivo 4 de las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales, se destaca la necesidad de desarrollar líneas estratégicas para conseguir modelos de gestión y manejo de emergencias convergentes entre los servicios de las distintas administraciones. Se persigue además una estandarización de la cualificación y formación necesaria en las distintas labores de un operativo de extinción. De esta manera y, como apuntan estudios, como el de las Universidades de RMIT y Curtin, parece imprescindible realizar cambios en los servicios de protección civil y emergencias para adoptar sistemas de mando y control que mejoren no solo aspectos funcionales y operativos, sino también modos de cooperación en emergencias complejas y altamente dinámicas, como son los incendios simultáneos con comportamientos extremos (McLennan *et al.*, 2022).

Se trata de un problema a gran escala, en donde los factores analizados con influencia en la seguridad afectan en mayor o menor medida a prácticamente todos los territorios del mundo. Los incendios de Canadá en junio de 2023 son la muestra más reciente del problema global de la seguridad y los IIFF; no solo por los miles de ha quemadas y los más de 20.000 evacuados en un escenario climático de inusuales altas temperaturas y sequía, sino por la afectación de la contaminación por nubes de humo procedente de estos a grandes poblaciones, a más de 1.000 kilómetros, como la ciudad Nueva York (Peirón, 2023; Comisión Europea, 2023). El primer ministro de Canadá, Justin Trudeau, ha reconocido la necesidad de estar mejor preparados y adaptados a los IIFF de la próxima década, haciendo hincapié en la prevención como forma de minimizar el impacto socioeconómico (Porrás, 2023). Por su parte el presidente de los Estados Unidos, Joe Biden, ha descrito esta situación como un nuevo aviso de los efectos del cambio climático (Menéndez, 2023). También se ha puesto de manifiesto la importancia del apoyo internacional y la coordinación de recursos de diferentes servicios de cooperación, tanto de Europa (Francia, Portugal y España) a través del UCPM, como de otros países como Australia, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Mas de mil bomberos extranjeros participaron en apoyo a Canadá (Porrás, 2023).

De este análisis, se desprende la importancia de garantizar una respuesta global, coordinada a través de medidas comunes, homogéneas e integrales que fortalezcan las sinergias entre todos los países y que generen confianza en la seguridad global. La nueva gobernanza debe demostrar capacidad para afrontar la demanda ante desafíos multidimensionales para la seguridad humana (Barro-Barrero y Baquero-Valdés, 2020). Es aquí donde los ODS constituyen un elemento de unión y alianza, un pacto colectivo para aportar soluciones. Sin dejar a nadie atrás, sirviendo de guía a todos los niveles, para garantizar el bienestar físico, mental y social en entornos más seguros, resilientes y sostenibles (Naciones Unidas, 2015). La guía universal que representan los ODS facilita una gestión que comprenda la totalidad del ciclo del fuego, definiendo las aspiraciones y prioridades, y centrando los esfuerzos para adoptar medidas más eficaces frente a los IIFF y su impacto en las personas, con una visión de futuro sostenible. Se destacan las siguientes:

- Reforzar una acción común frente al cambio climático.
- Fomentar el conocimiento y la innovación tecnológica, así como compartir solidariamente plataformas de bases de datos e información.
- Fortalecer los mecanismos de cooperación y coordinación nacional e internacional bajo mismos protocolos, sistemas de trabajo e incluso sistemas de comunicaciones.
- Desarrollar directrices compartidas de gestión del territorio urbano y forestal adaptadas a los nuevos escenarios de riesgo.
- Favorecer la interoperabilidad mediante programas internacionales de homologación de competencias y cualificaciones que afiancen una profesionalización de los servicios de extinción para reducir la posibilidad de accidentes.

- Establecer mecanismos de concienciación, participación y autoprotección de la sociedad, como forma de adaptación y resiliencia ante los nuevos desafíos para la seguridad y la salud.
- Reforzar a las comunidades rurales, favoreciendo las prácticas tradicionales junto al consumo local como forma de fijar población que apoye la gestión tradicional y el aprovechamiento de los territorios forestales. Con esta economía de proximidad, se favorece la reducción de la huella de carbono y se fomenta un paisaje más sostenible (Figura 16).



**Figura 16.** Típico paisaje hortelano caracterizado por los campos sembrados a ambas márgenes del río.

Solo desde una perspectiva adaptada a las circunstancias actuales se puede mitigar la elevada severidad y situaciones de riesgo vital que se producen; sin olvidar que las prioridades deben mejorar las necesidades actuales de forma solidaria sin comprometer el futuro de nuestra sociedad y nuestro entorno vital (Barrero-Barrero y Baquero-Valdés, 2020). Ejerciendo de hoja de ruta, se observa cómo los ODS inspiran programas y líneas estratégicas para conseguir su cumplimiento, dado que, a pesar de su alcance global y universal, la Agenda 2030 tiene en cuenta las realidades de cada estado o país, sus capacidades y recursos y el respeto a la gobernanza nacional. Pero bajo el compromiso de esta Alianza Mundial, cada país se hace responsable de su participación, su aportación, sus políticas y estrategias de desarrollo enfocadas a los mismos Objetivos.

Es por ello que se han identificado los factores más importantes sobre los que concentrar los esfuerzos y analizado cómo están alineados con los propios ODS. Se dispone de tecnología y de recursos humanos para llevar a término, bajo el marco de las propuestas sostenibles de los ODS, las medidas de mejora ante los desafíos de los grandes incendios de comportamiento extremos. Los recursos financieros para llevarlos a cabo se estiman en 2 billones de dólares al año, lo cual, sin embargo, no es más que un 10 % del ahorro anual mundial que generaría alcanzar las metas previstas en los ODS (Pes, 2019).



4

*Capítulo*  
ESTRATEGIAS





## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y ESTRATEGIAS

De acuerdo con el planteamiento expuesto en los capítulos anteriores del presente libro y en base a la revisión bibliográfica realizada, se postulan diferentes estrategias interrelacionadas con los ODS de la Agenda 2030; acciones facilitadoras que podrán contribuir al éxito de los mismos.

### **4.1. Trazar una estrategia global ante la intersección con el cambio climático y la salud pública**

Los IIFF se han convertido en un problema a gran escala que necesita de una acción global coordinada, tanto en países que habitualmente sufren incendios como, sobre todo, en aquellos en los que representan un riesgo nuevo al que adaptarse. Aunque actualmente no existe un concepto unificado para definir los grandes y virulentos incendios que se están produciendo en los últimos años, sí existe consenso sobre sus características extremas y la complejidad de estos, generando emergencias multirriesgo y en cascada, con efectos sobre la seguridad y salud de las personas.

Se ha identificado el factor del cambio climático como el más relevante en los desafíos presentes y futuros relativos a los IIFF. Su influencia se observa tanto en la predisposición a la ocurrencia de mayor número de incendios y mayor extensión, como en los comportamientos extremos una vez iniciados. Acciones frente al cambio climático están presentes en el ODS 13, siendo además un factor que influye en la consecución de muchos otros ODS de la Agenda 2030. Entre ellos, cabe destacar su influencia en los ODS que abordan la seguridad en las comunidades (ODS 11) o la contaminación del agua y vida submarina (ODS 6 y 14), del aire (ODS 3) y de los ecosistemas (ODS 15), llegando a afectar a metas relacionadas con la producción y el consumo de alimentos y con ello al fin de la pobreza y el hambre (ODS 1 y 2). El progreso en las metas frente al cambio climático y el calentamiento global no está siendo el adecuado, manteniéndose el incremento de la temperaturas medias y extremas, así como los efectos derivados, como pueden ser las sequías prolongadas. Además, los IIFF, a través de las emisiones de los gases de la combustión, interaccionan directamente con el cambio climático, formando un circuito que se retroalimenta mutuamente. El incremento de grandes IIFF acelera el propio cambio climático y genera nuevos riesgos indirectos para la salud derivados de la contaminación de los humos. Se ha comprobado la evidencia existente de efectos graves en la salud de las personas por la contaminación de partículas de las nubes de humo, incluso a grandes distancias del foco del IIFF.

### **4.2. Enfrentar el cambio climático desde una gestión global de las emergencias**

Si el cambio climático es un catalizador de un mayor número de incendios extremos, otros factores favorecen un mayor impacto de los IIFF en la seguridad y salud de las personas, dando lugar a emergencias de protección civil. Los cambios socioeconómicos y culturales recogidos en el ODS 11 también tienen su incidencia en la seguridad desde este punto de vista, proponiendo comunidades mejor adaptadas a estos riesgos; ya sea en la organización del paisaje, construcciones e infraestructuras resilientes, o la fijación de población rural. Concretamente, el crecimiento de zonas de Interfaz Urbano-Forestal provoca más eventos críticos en las personas, como atrapamientos y evacuaciones, ante la llegada del fuego a los núcleos de población. La propuesta de la Agenda 2030 de incluir la participación de las comunidades locales, además de evitar los procesos de despoblación rural, es una oportunidad de aprovechar el conocimiento y los métodos tradicionalmente empleados para la gestión del terreno forestal (Figura 17).



**Figura 17.** Incendio próximo a núcleos de población con forma de «culebra de fuego», como coloquialmente se conoce.

Las dimensiones y número de incendios extremos que se sufren traspasan fronteras, necesitando de gran cantidad de recursos que solo mediante la colaboración internacional es posible afrontar. Ante un problema global, la alianza entre países que ha supuesto la Agenda 2030 y la importancia del ODS 17, que aborda la unión necesaria para lograr los objetivos, también conduce a un esfuerzo global por disponer de sistemas de gestión de emergencias estandarizados, comunes y modulares, que mejoren la coordinación e integración del apoyo entre distintas organizaciones y países. De otra forma, se pierde la eficacia de la cooperación internacional, especialmente hacia países con menores capacidades y desarrollo.

#### **4.3. Avanzar hacia la resiliencia abordando los IIFF a través de los ODS y la tecnología**

Frente a los factores que potencian el peligro de los IIFF, los ODS inspiran también líneas de acción que mitiguen el riesgo aplicando la innovación y desarrollo de tecnologías. Algunas, como las aplicaciones de Inteligencia Artificial y de Realidad Virtual, aunque aún en un estado prematuro, tienen perspectivas prometedoras en la dirección de emergencias, entrenamiento, formación y planificación preventiva. Otras ya están siendo usadas como elemento de apoyo a la seguridad, como es el caso de drones, robots autónomos y radio sondas meteorológicas. Desde el enfoque proactivo y preventivo de la Agenda 2030 y el Marco Sendai, deben conducirse los esfuerzos hacia el desarrollo de la investigación y estudio del comportamiento y propagación del fuego forestal, el análisis de riesgos y vulnerabilidad, la innovación tecnológica y la formación adaptada a nuevas necesidades para potenciar la prevención y anticipación a estos eventos. Mayor conocimiento, investigación, innovación, educación e información son piezas clave de la Agenda 2030 y de la lucha presente y futura ante incendios extremos, donde el saber y la experiencia anterior no son suficientes. Tal como aborda el ODS 17, deben superarse las barreras que dificultan la recopilación, traspaso y tratamiento de conocimiento y experiencia en IIFF entre países y, especialmente, a los menos desarrollados.

Los ODS se fundamentan en reforzar la adaptación y resiliencia. Formar en la cultura del riesgo y la autoprotección, generando resiliencia en la sociedad dentro de la mejora de la educación y la formación del ODS 4 y de comunidades más sostenibles del ODS 11, permitiendo garantizar entornos mejor adaptados al riesgo cuando suceden situaciones de alto riesgo. Mejoras en la ordenación del territorio, haciendo partícipes a las comunidades locales, que tradicionalmente han gestionado su territorio eficazmente, así como adaptaciones de las construcciones e infraestructuras en zonas de alto riesgo, son ejemplos de avances en este sentido. El refuerzo de las economías locales permite fijar población rural y mejorar la sostenibilidad. Igualmente, la visión preventiva obliga a reequilibrar las

inversiones entre extinción y gestión preventiva del territorio. El combustible es el elemento estratégico sobre el que se puede y se debe actuar para gestionar un paisaje que permita a los medios de extinción trabajar de forma segura y eficaz. El propósito final debe ser llevar a término actuaciones proactivas basadas en la adaptación del entorno para anticiparse, mitigar o evitar el impacto de los incendios.

#### **4.4. Enfrentar los incendios de manera proactiva para un futuro sostenible**

Es posible inferir, del análisis global de la situación que el enfoque reactivo tiene para defenderse de los incendios, basándose en el incremento de medios de extinción paralela al incremento de complejidad y virulencia de estos, ya no es válido. Ante un riesgo más cotidiano, complejo y universal, el impulso de los ODS, junto con otros tratados, como el Marco Sendai, permiten sentar bases comunes de conocimiento, acción y cooperación entre naciones para luchar contra los IIFF, con el fin último de construir sociedades más prosperas y comprometidas con la igualdad, la seguridad y el medio ambiente. Se tiene el consenso de la hoja de ruta de la Agenda 2030 y los ODS, y recursos humanos y técnicos para poder anticiparse y comenzar a tomar medidas proactivas que mitiguen sus efectos en la seguridad y salud humana. Hace falta reforzar la urgencia en la actuación ante los factores descritos, movilizándolo al conjunto de la sociedad. Para ello, es requisito indispensable un liderazgo firme y decidido de los Estados, que incluya la inversión necesaria para adaptarse a este nuevo desafío con eficacia, resiliencia y una visión futura de sostenibilidad. Es necesario, por tanto, generar confianza en la sociedad y ofrecer respuestas reales a los IIFF, evitando el estancamiento en una mera declaración de intenciones.



## EPÍLOGO

Los datos mostrados en la presente obra ponen de manifiesto la necesidad de aunar esfuerzos hacia una protección preventiva, y no reactiva, a la hora de afrontar los IIFF (Figura 18). Asimismo, se abren las puertas a nuevas líneas de investigación y al refuerzo de otras existentes, subrayando la necesidad de profundizar en el conocimiento y la gestión del conocimiento como la forma más eficaz de entendimiento de los incendios y su impacto, en aras de poder orientar la gestión de este tipo de emergencias de manera proactiva.

Es por ello que resulta necesario profundizar en el desarrollo e inversión en innovaciones tecnológicas que faciliten la planificación, anticipación y toma de decisiones. Así como ahondar en los efectos nocivos que tienen sobre la salud los incendios forestales, en su asociación con incrementos en la mortalidad y morbilidad. Por último, se deben favorecer e implantar programas de acción social que generen una mayor resiliencia comunitaria en zonas vulnerables, expuestas a riesgos por este tipo de emergencias.



**Figura 18.** Iconografía de los IIFF.



## BIBLIOGRAFÍA

- Barrero-Barrero, D., y Baquero-Valdés, F. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: un contrato social posmoderno para la justicia, el desarrollo y la seguridad*. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(29), 113-137. <https://doi.org/10.21830/19006586.562>
- Bedia, J., Gutiérrez, J.M., Moreno, J.M., Urbieto, I. y Zavala, G. (2016). *Introducción. Clima, incendios e índices de peligro*. INFOADAPT. [http://adaptecca.es/sites/default/files/editor\\_documentos/infoadapt\\_memoria\\_final\\_proyecto.pdf](http://adaptecca.es/sites/default/files/editor_documentos/infoadapt_memoria_final_proyecto.pdf)
- BOE-A-2013-12823. *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*. (2013). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12823&p=20230621&tn=6>
- BOE-A-2023-14679. *Real Decreto 524/2023, de 20 de junio, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil*. (2023). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2023-14679>
- BOE-A-2025-7190. *Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*. (2025). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2025-7190>
- Boin, A., Hart, P., Stern, E. & Sundelius, B. (2017). *The Politics of Crisis Management*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316339756>
- Braxton, J. (2021). *Los robots de extinción de incendios se vuelven autónomos*. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/firefighting-robots-go-autonomous/>
- Buckland, M. K. (2019). *What is a megafire? Defining the social and physical dimensions of extreme US wildfires (1988-2014)*. University of Colorado at Boulder. [https://scholar.colorado.edu/concern/graduate\\_thesis\\_or\\_dissertations/5999n364d](https://scholar.colorado.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/5999n364d)
- Butler, C., Marsh, S., Domitrovich, J. W. & Helmkamp, J. (2017). *Wildland firefighter deaths in the United States: A comparison of existing surveillance systems*. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 14(4), 258-270. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1250004>
- Caamano-Isorna, F., Figueiras, A., Sastre, I. et al. *Respiratory and mental health effects of wildfires: an ecological study in Galician municipalities (north-west Spain)*. *Environ Health* 10, 48 (2011). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-48>
- Canadian Wildland Fire Information System. (2023). *Canadian National Fire Database*. Government of Canada. <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb?wbdisable=true>
- Cancelo-González, J. y Díaz-Fierros Viqueira, F. (2018). *Incendios forestales y salud pública*. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* 84(3), 289-300. [https://analesranf.com/wp-content/uploads/2018/84\\_03/8403\\_04.pdf](https://analesranf.com/wp-content/uploads/2018/84_03/8403_04.pdf)
- Cardil, A. y Molina, D. M. (2013). *Víctimas en incendios forestales en España en el periodo 1980-2010*. *6º Congreso Forestal Español*. <https://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-336.pdf>
- Castellnou, M. y Miralles, M. (2009). *The changing face of wildfires*. *Crisis Response* 5(4), 56-57. <https://gfmc.online/wp-content/uploads/Crisis-Response-2009-Vol-5-4-p56-57-Wildland-Fire-Mediterranean-2.pdf>
- Castellnou, M., Miralles, M., Larrañaga, A., Nebot, E., Arill, E., Castellarnau, X., Castellví, J., Herrera y Pallars, J. (2021). *Clasificación de las generaciones de incendios forestales: actual-*

- ización. *Revista Incendios y Riesgos Naturales* 3, 70-71. [https://revistarirn.org/wp-content/uploads/2021/06/RIyRN\\_Junio2021\\_n03.pdf](https://revistarirn.org/wp-content/uploads/2021/06/RIyRN_Junio2021_n03.pdf)
- Castillo, M., Pedermera, P. & Pena, E. (2003). *Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global*. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 9(3), 44-53. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Bosques-Ecosistemas/25.pdf>
- Chaisatit, N., Villarreal, L. Z. & Reyes López, M. (2022). *Cooperación de la ASEAN en casos de contaminación atmosférica transfronteriza causado por incendios forestales en Indonesia*. *Portes: Revista Mexicana de Estudios Sobre la Cuenca del Pacífico*, 16(31). <https://revistasacademicas.uco.mx/index.php/portes/article/view/254>
- Chen, G., Guo, Y., Yue, X., Tong, S., Gasparrini, A., Bell, M., Armstrong, B., Schwartz, J., Jaakkola, J., Zanobetti, A., Lavigne, E., Saldiva, P. H., Kan, H., Royé, D., Milojevic, A., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari A., ... & Li, S. (2021). *Mortality risk attributable to wildfire-related PM<sub>2.5</sub> pollution: a global time series study in 749 locations*. *The Lancet Planetary Health*, 5(9), 579-587. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00200-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00200-X)
- Climate Crisis Advisory Group (CCAG). (2022). *Record-breaking heatwave will be an average summer by 2035, latest Met Office Hadley Centre data shows*. Newsroom. <https://www.ccag.earth/newsroom/record-breaking-heatwave-will-be-an-average-summer-by-2035-latest-met-office-hadley-centre-data-shows>
- Comisión Europea. (2019). *¿Cómo funciona la lucha contra los incendios forestales en Europa? Zona de prensa. Nota informativa*. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/MEMO\\_15\\_5411](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/MEMO_15_5411)
- Comisión Europea. (8 de junio de 2023). *Incendios forestales: casi 300 bomberos europeos se movilizan para apoyar a Canadá*. Noticias. [https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/news/wildfires-almost-300-european-firefighters-mobilised-support-canada-2023-06-08\\_en](https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/news/wildfires-almost-300-european-firefighters-mobilised-support-canada-2023-06-08_en)
- Comisión Europea. (30 de mayo de 2023). *Incendios forestales: la UE duplica la flota de extinción de incendios rescEU para el verano de 2023*. Noticias. [https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/incendios-forestales-la-ue-duplica-la-flota-de-extincion-de-incendios-resceu-para-el-verano-de-2023-2023-05-30\\_es](https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/incendios-forestales-la-ue-duplica-la-flota-de-extincion-de-incendios-resceu-para-el-verano-de-2023-2023-05-30_es)
- Comisión Europea. (8 de febrero de 2023). *Protección civil: la UE indica objetivos de resiliencia frente a las catástrofes*. Noticias. [https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/proteccion-civil-la-ue-indica-objetivos-de-resiliencia-frente-las-catastrofes-2023-02-08\\_es](https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/proteccion-civil-la-ue-indica-objetivos-de-resiliencia-frente-las-catastrofes-2023-02-08_es)
- Copper, C., Mira, M., Danforth, M., Abraham, K., Fasher, B. & Bolton, P. (1994). *Acute exacerbations of asthma and bushfires*. *Lancet* 343, 1509. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(94\)92621-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(94)92621-2)
- Dennis, R. (1999). *A review of fire projects in Indonesia, 1982-1998*. Center for International Forestry Research (CIFOR). [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/firereport.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/firereport.pdf)
- Duclos, P., Sanderson, L.M. & Lipsett, M. (1990). *The 1987 Forest Fire Disaster in California: Assessment of Emergency Room Visits*. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. <https://doi.org/10.1080/00039896.1990.993592>
- Emmanuel, S. (2000). *Impact to lung health of haze from forest fires: the Singapore experience*. *Respirology* 5(2), 175-182. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1843.2000.00247.x>
- Engelbrecht, H., Lindeman, R.W., Hoermann, S. (2019). *A SWOT Analysis of the field or Virtual Reality for Firefighter Training*. *Respirology* 5(2), 175-182. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1843.2000.00247.x>
- European Forest Information System. (EFFIS). (2023). *Unión Europea*. <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/seasonaltrend>

- Fire Information for Resource Management System. (FIRMS). (2023). *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>
- FLAIM (2023). *Immersive learning: how fire services can adapt, implement, and flourish with a Swiss Army Knife approach*. News. <https://flaimesystems.com/news/immersive-learning-how-fire-services-can-adapt-implement-and-flourish-with-a-swiss-army-knife-approach>
- Galiana, M., Manuel, L. (2012). *Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España*. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 58(2012): 205-226. <http://hdl.handle.net/10486/670088>
- Ghaffariyan, M. R. (2016). *Analysis of forestry work accidents in five Australian forest companies for the period 2004 to 2014*. *Journal of Forest Science*, 62(12), 545-552. <https://doi.org/10.17221/80/2016-JFS>
- Gil, C. G. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica*. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 140(1), 107-118. [https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista\\_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf)
- Gonzalvo, V., Aguirre, F., Carrillo, A., López-Atués, J., Díaz, M. y Benito, I. (2017). *AF3: Integración de tecnologías de apoyo en la gestión de incendios*. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. <http://7cfe.congresoforestal.es/sites/default/files/actas/7CFE01-410.pdf>
- Haynes, K., Short, K., Xanthopoulos, G., Viegas, D., Ribeiro, L. M. & Blanchi, R. (2020). *Wildfires and WUI fire fatalities*. *Encyclopedia of wildfires and wildland-urban Interface (WUI) fires*, 1073-1088. <https://doi.org/10.1071/WF08175>
- Hernández, L. (2019). *Arde el Mediterráneo, Propuesta mediterránea de WWF para la prevención de incendios forestales*. WWF/Adena España. [https://wwf.es/wwf\\_informe\\_incendios\\_forestaales\\_2019\\_arde\\_el\\_mediterraneo\\_2019.pdf](https://wwf.es/wwf_informe_incendios_forestaales_2019_arde_el_mediterraneo_2019.pdf)
- Hirsch, K. G., & Martell, D. L. (1996). *A review of initial attack fire crew productivity and effectiveness*. *International Journal of Wildland Fire*, 6(4), 199-215. [https://web.archive.org/web/20170808180121id\\_/http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore\\_pdfs/18905.pdf](https://web.archive.org/web/20170808180121id_/http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/18905.pdf)
- INFOCAM. (14 de diciembre de 2022). *VII Jornadas Técnicas de Incendios Forestales 2022*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rtj18x6w2X4>
- Kim, Y., Manley, J., & Radoias, V. (2017). *Medium-and long-term consequences of pollution on labor supply: evidence from Indonesia*. *IZA Journal of Labor Economics*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40172-017-0055-2>
- Lindenmayer, D. B., & Taylor, C. (2020). *New spatial analyses of Australian wildfires highlight the need for new fire, resource, and conservation policies*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(22), 12481-12485. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002269117>
- Lindenmayer, D. B., & Taylor, C. (2020). *New spatial analyses of Australian wildfires highlight the need for new fire, resource, and conservation policies*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(22), 12481-12485. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002269117>
- López, M.J. (2004). *Enfermedades de los bomberos*. *Istas (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud)*. [https://www.ccooytomadrid.es/documentos/general/primerapagina/Enfermedades\\_Bomberos.pdf](https://www.ccooytomadrid.es/documentos/general/primerapagina/Enfermedades_Bomberos.pdf)
- Lourenço, L. (2018). *Forest fires in continental Portugal. Result of profound alterations in society and territorial consequences*. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens*, (130). <https://doi.org/10.4000/mediterranee.9958>
- Malen, M. (2009). *Predicción de la evolución de los incendios forestales guiada dinámicamente por los datos [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]*. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Barcelona <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5776/mmd-1de1.pdf>

- Martín, L. G. (2012). *Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España*. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 205-226. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/530-2013-10-15-09-GALIANA.pdf>
- McCarthy, N. (2014). *Wildfires Cost the U.S. \$1.7 Billion in 2013*. *Statista Charts*. <https://www.statista.com/chart/2501/government-expenditure-fighting-forest-fires/>
- McLennan, B.J., Chong, J. y Dunlop, P.D. (2022). *Emergency Services Workforce 2030—Changing Landscape Literature Review*. Melbourne: Bushfire and Natural Hazards, Cooperative Research Centre (732). <https://espace.curtin.edu.au/bitstream/handle/20.500.11937/89192/89016.pdf?sequence=2>
- McNamee, M., Meacham, B., van Hees, P., Bisby, L., Chow, W. K., Coppalle, A., ... & Weckman, B. (2019). *IAFSS Agenda 2030 for a fire safe world*. *Fire Safety Journal*, 110, 102889. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102889>
- Menéndez, C. (2023). *Devastadores incendios en Canadá. «Un recordatorio del cambio climático», según Biden*. *Euronews*. <https://es.euronews.com/2023/06/09/devastadores-incendios-en-canada-un-recordatorio-del-cambio-climatico-segun-biden>
- Miguel J. (26 de julio de 2021). *¿Qué son los pirocúmulos o las nubes flammagenitus? Meteored/ Tiempo.com*. <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/pirocumulos-flammagenitus-nubes-de-grandes-incendios.html>
- Ministerio del Interior. (2023). *Anuario Estadístico del Ministerio del Interior 2022*. Gobierno de España. [https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/anuarios-y-estadisticas/anuarios-estadisticos-anteriores/anuario-estadistico-de-2022/Anuario\\_estadistico\\_2022\\_126150729\\_vf.pdf](https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/anuarios-y-estadisticas/anuarios-estadisticos-anteriores/anuario-estadistico-de-2022/Anuario_estadistico_2022_126150729_vf.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2019). *Los incendios forestales en España. Decenio 2006-2015*. Gobierno de España. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/incendios-decenio-2006-2015\\_tcm30-521617.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/incendios-decenio-2006-2015_tcm30-521617.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2022). *Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales en España*. Conferencia Sectorial de Medio Ambiente. Gobierno de España. [https://www.miteco.gob.es/images/es/orient\\_estrategicas\\_gestion\\_iiff-2019\\_tcm30-512358.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/orient_estrategicas_gestion_iiff-2019_tcm30-512358.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023a). *Estadísticas de incendios forestales. Avances informativos*. Gobierno de España. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/estadisticas-avances.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023b). *Actuaciones internacionales en materia de incendios forestales*. Gobierno de España. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/Coordinacion-institucional/Actuaciones-internacionales-incendios-forestales.aspx>
- Modugno, S., Balzter, H., Cole, B. & Borrelli, P. (2016). *Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland–Urban Interface areas in Europe*. *Journal of environmental management*, 172, 112-126. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.013>
- Molina-Terrén, M., Xanthopoulos, G., Diakakis, M., Ribeiro, L., Caballero, D., Delogu, G., Viegas, D., Silva, C. & Cardil, A. (2019). *Analysis of forest fire fatalities in Southern Europe: Spain, Portugal, Greece, and Sardinia (Italy)*. *International Journal of Wildland Fire* 28, 85-98. <https://doi.org/10.1071/WF18004>
- Monet, J., Schaller, P., Pirone, S., Ribau, M., Poyau, S., Dumas, M., & Lampris, C. (2020). *Civil Protection in Europe: Towards a Unified Command System? Lessons learned, studies and ideas about change management*. 17th ISCRAM Conference Blacksburg. USA. [https://idl.iscram.org/files/jean-paulmonet/2020/2232\\_Jean-PaulMonet\\_etal2020.pdf](https://idl.iscram.org/files/jean-paulmonet/2020/2232_Jean-PaulMonet_etal2020.pdf)

- Murga, M. A. (2015). *Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015*. *Foro de Educación* 13(19) p.55-83. <http://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>
- Naciones Unidas. (2015). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf)
- Naciones Unidas. (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf)
- Naciones Unidas. (2022a). *Los incendios forestales aumentarán un 30% para 2050 y un 50% para fin de siglo debido a la crisis climática*. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504472>
- Naciones Unidas. (2022b). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Spanish.pdf)
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- National Centers for Environmental Information. (2023). *Annual 2021 Wildfires Report*. United States government. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/fire/202113>
- Navarrete, J. (23 de agosto de 2018). *¿Comparamos ICS con GOM?* *Emergencia 112 Magazine*, 21.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2009). *Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. [www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2022). *Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres 2022: Nuestro mundo en peligro: Transformar la gobernanza para un futuro resiliente. Resumen para responsables de políticas*. Ginebra. <https://wrdd.unwomen.org/sites/default/files/2022-06/Nuestro%20mundo%20en%20peligro%20Transformar%20la%20gobernanza%20para%20un%20futuro%20resiliente.pdf>
- Parker, C., Persson, T., & Widmalm, S. (2019). *The effectiveness of national and EU-level civil protection systems: Evidence from 17 member states*. *Journal of European Public Policy*, 26(9), 1312-1334. <https://doi.org/10.1080/13501763.2018.1523219>
- Peirón, J. (2023). *Nueva York se cubre con una nube de humo procedente de los incendios de Canadá*. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/internacional/20230607/9023895/nueva-york-cubre-nube-humo-procedente-incendios-canada.html#:~:text=Los%20incendios%20en%20Canad%C3%A1%2C%20a,humo%2C%20que%20cubri%C3%B3%20la%20metr%C3%B3polis>.
- Pereira, P. (2015). *Incendios forestales en Lituania*, en: Bento Gonçalves, A. y Vieira, A. *Wildland Fires: A Worldwide Reality*. Nova Science Publishers, Inc., New York, 185-198.
- Pes, Á. (2019). *Liderazgos transformadores para alcanzar los ODS*. *icade. Revista de la Facultad de Derecho*, 108. <https://doi.org/10.14422/icade.i108.y2019.012>
- Porras, J. (2023). *Incendios forestales en Canadá: entre el bálsamo de la lluvia y el calor que favorece nuevas brasas*. *El País*. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2023-06-14/incendios-forestales-en-canada-entre-el-balsamo-de-la-lluvia-y-el-calor-que-favorece-nuevas-brasas.html>
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., & Laven, R. D. (1996). *Introduction to wildland fire*. Wiley.

- Ramon J. (31 de marzo de 2023). *España es el país de la UE con más hectáreas quemadas en 2023: así es el mapa de los incendios activos*. *Newtral*. <https://www.newtral.es/incendios-forestales-espana-hectareas/20230331/>
- Resco de Dios, V., & Nolan, R. H. (2021). *Some challenges for forest fire risk predictions in the 21st century*. *Forests*, 12(4), 469. <https://doi.org/10.3390/f12040469>
- Rifa, A. y Castellnou, M. (2007). *El modelo de extinción de incendios forestales catalán*. *Proceedings of the IV International Wildfire Conference*. Seville. Spain. <https://recercat.cat/handle/2072/281990>
- Rodrigues, M., Camprubí, À., Balaguer-Romano, R., Megía, C., Castañares, F., Ruffault, J., ... & Resco de Dios, V. (2023). *Drivers and implications of the extreme 2022 wildfire season in Southwest Europe*. *Science of the total environment*, 859, 160320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160320>
- Roldán-Gómez, J. J., González-Gironda, E., & Barrientos, A. (2021). *A survey on robotic technologies for forest firefighting: Applying drone swarms to improve firefighters' efficiency and safety*. *Applied Sciences*, 11(1), 363. <https://doi.org/10.3390/app11010363>
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T. & Boca, R. (2021). *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020*. European Commission. Publications Office of the European Union. <http://doi.org/10.2760/216446>
- Santos, M., Leite, V., Carvalheira, A., de Araújo, A., Cruz, J. (2015). *Are wildfires and pneumonia spatially and temporally related? Bioinformatics and Biomedical Engineering*. *Lecture Notes in Computer Science*, 9043. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16483-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16483-0_5)
- Sastry, N. (2002). *Forest fires, air pollution, and mortality in southeast Asia*. *Demography* 39(1), 1-23. <https://doi.org/10.1353/dem.2002.0009>
- Serra, M., Plana, E., y Cerdán, R. (2019). *La integración del riesgo de incendios forestales en el urbanismo: una aproximación normativa, analítica y práctica para el caso de Cataluña*. XI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, 2019. Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad Politécnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/siiu.6567>
- Smith, M., Jalaludin, B., Byles J., Lim, L. & Leeder, S. (1996) *Asthma presentations to emergency departments in western Sydney during January 1994*. *Int Jour Epidemiol* 25(6). <https://doi.org/10.1093/ije/25.6.1227>
- Stasiewicz, A. & Paveglio, T. (2021). *Preparing for wildfire evacuation and alternatives: exploring influences on residents' intended evacuation behaviors and mitigations*. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 58. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102177>.
- Stein, S., Menakis, J., Carr, M., Comas, S., Stewart, S., Cleveland, H., Bramwell, L. & Radeloff, V. (2013). *Wildfire, wildlands, and people: understanding and preparing for wildfire in the wildland-urban interface—a Forests on the Edge Report 36*, p.299. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. <https://www.nfpa.org/-/media/Files/Public-Education/By-topic/Wildland/WildfireWUICaseStudy.ashx>
- Tedim, F., Leone, V., Amraoui, M., Bouillon, C., Coughlan, M., Delogu, G., Fernandes, P., Ferreira, C., McCaffrey, S., McGee, T., Parente, J., Paton, D., Pereira, M., Ribeiro, L., Viegas, D. & Xanthopoulos, G. (2018). *Defining extreme wildfire events: Difficulties, challenges, and impacts*. *Fire*, 1(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fire1010009>
- Terrén, D., Ribau, M., y Delgado, F. (2009). *La Figura operativa del analista de incendios forestales*. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1736.2080>

- Tessore, C., & Petrella, C. (2020). *Estrategias para Crisis Emergentes en el Siglo XXI. La necesidad de un replanteo de la valoración de riesgos*. [https://www.researchgate.net/publication/343714273\\_Estrategias\\_para\\_Crisis\\_Emergentes\\_en\\_el\\_Siglo\\_XXI](https://www.researchgate.net/publication/343714273_Estrategias_para_Crisis_Emergentes_en_el_Siglo_XXI)
- Toreti, A., Bavera, D., Acosta, J., Arias-Muñoz, C., Avanzi, F., Marinho, P., De Jager, A., Di Ciollo, C., Ferraris, L., Fioravanti, G., Gabellani, S., Grimaldi, S., Hrast Essenfelder, A., Isabellon, M., Jonas, T., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., ... & Spinoni, J., (2023). *Drought in Europe March 2023. GDO Analytical Report. European Commission. Publications Office of the European Union, Luxemburgo*. <https://doi.org/10.2760/998985>
- Tornevi, A., Andersson, C., Carvalho, A., Langner, J., Stenfors, N., & Forsberg, B. (2021). *Respiratory Health Effects of Wildfire Smoke during Summer of 2018 in the Jämtland Härjedalen Region, Sweden. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(13), 6987*. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18136987>
- United Nations Environment Programme (UNEP) & GRID-Arendal. (2022). *Spreading like Wildfire – The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi*. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38372/wildfire\\_RRA.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38372/wildfire_RRA.pdf)
- Verhoeven, B., van Marle, M., Hazebroek, H., Stoof, C., Siegmund, P., Brouwer, N., Veraverbeke, S., Egberts, L. & Sluijter, R. (2023). *Wildfire Signal '23. Netherlands Institute for Public Safety*. <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2023/03/20230123-NIPV-Wildfire-Signal-23.pdf>
- Wildland Fire Executive Council. (2014). *The National Strategy: The Final Phase in The Development of The National Cohesive Wildland Fire Management Strategy. USA*. <https://www.forestsandrangelands.gov/documents/strategy/strategy/CSPPhaseIIINationalStrategyApr2014.pdf>
- World Economic Forum. (2023). *The Next Frontier in Fighting Wildfires: FireAid Pilot and Scaling*. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_Next\\_Frontier\\_Wildfire\\_Fighting\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Next_Frontier_Wildfire_Fighting_2023.pdf)
- Wotton, B. M., Flannigan, M. D., & Marshall, G. A. (2017). *Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. Environmental Research Letters, 12(9), 095003*. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7e6e>
- Xu, R., Yu, P., Abramson, M., Johnston, F., Samet, J., Bell, M., Haines, A., Ebi, K., Li, S. & Guo, Y. (2020). *Wildfires, global climate change, and human health. New England Journal of Medicine, 383(22), 2173-2181*. <http://doi.org/10.1056/NEJMSr2028985>
- Zwęgliński, T., & Cordero, M. (2019). *Spanish Civil Protection System as a Part of European Union Emergency Response. Internal Security, 11, 165-177*. <http://doi.org/10.5604/01.3001.0013.8301>



## SOBRE LOS AUTORES

**Eduardo Rubio Rivas** es licenciado en Biología por la Universidad de Oviedo y graduado en Ciencias de la Seguridad por la Universidad Isabel I. Comenzó a desarrollar su actividad en el ámbito integral de las emergencias y la seguridad en 2007 como bombero, trabajando en la actualidad como Jefe supervisor del Área de Bomberos del Servicio de Emergencias del Principado de Asturias. Especializado en el campo de los incendios forestales, en el que cuenta con una experiencia de más de 15 años, es director técnico de extinción. Además, es representante del Principado de Asturias en el Comité para la Lucha contra Incendios Forestales, así como miembro de numerosos grupos de trabajo e intercambios de expertos, del Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico; también forma parte del equipo de asesoramiento nacional e internacional Forest Fires Assessment and Advisory Team. En su carrera profesional, participa en formaciones con otros organismos, con especial relevancia en la Unidad Militar de Emergencias (UME). Es formador de formadores y ponente en cursos relacionados con las emergencias y la seguridad, especialmente en el ámbito de dirección y gestión de las operaciones en incendios forestales, en la Escuela de Seguridad Pública del Principado de Asturias.

**Álvaro Romero Barriuso** es Doctor en Innovación Tecnológica en Edificación por la Universidad Politécnica de Madrid, además de Arquitecto y Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales. Desarrolla su actividad docente como Profesor Ayudante Doctor en la UNED, dentro del departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Precedentemente ejerció de decano de la Facultad de Ciencias y Tecnología, así como de director del Máster en Dirección y Gestión de Proyectos en la Universidad Isabel I. En el desarrollo de su carrera profesional, ha trabajado para una multinacional del Sector de la Construcción, así como para la Administración Pública. Es autor de numerosos libros técnicos en materia preventiva (especializado en construcción, amianto y formación en materia de seguridad) y ha publicado diversos artículos científicos en revistas internacionales de reconocido prestigio; contando con amplia experiencia como investigador (ha colaborado en proyectos sobre el amianto con diferentes comunidades autónomas). Igualmente, ha participado como ponente en numerosos congresos de ámbito internacional, centrando toda su producción científica en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

**B. María Villena Escribano** es Doctora por la Universidad Politécnica de Madrid, además de Arquitecta y Técnica Superior de Prevención y Gestión Integrada. Desarrolla su actividad profesional como Profesora Ayudante Doctora en la UNED, dentro del departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Anteriormente fue directora del Grado de Ciencias de la Seguridad en la Universidad Isabel I y responsable de seguridad en una gran empresa de fabricación de cartón. Durante el ejercicio de su carrera profesional, ha trabajado para diferentes servicios de prevención ajenos, además de ejercer como Coordinadora de Seguridad y Salud en obras de construcción y como Consejera de Seguridad ADR/RID. Es autora de numerosos libros técnicos en materia preventiva (especializada en Planes de Seguridad y Salud y en Planes de Autoprotección) y ha publicado varios artículos científicos de investigación en revistas internacionales de reconocido prestigio. Igualmente, ha participado como ponente en numerosos congresos de ámbito nacional e internacional.

**David del Valle Maquinay** es Ingeniero de Organización Industrial por la UEMC y graduado en Ciencias de la Seguridad por la Universidad Isabel I. Posee el Máster en Gestión de Emergencias y Protección Civil de la Universidad de Valencia y el Máster en Prevención de Riesgos Laborales de la UEMC, siendo especialista universitario en Planes de Autoprotección. Actualmente es investigador doctoral de Ingeniería Industrial de la Universidad de Valladolid. Profesionalmente lleva, desde 1998, ocupando distintos puestos relacionados con los servicios de salud y emergencias en Cruz Roja Española, siendo desde 2004, Director Autonómico de Salud y Emergencias en Asturias, donde se ha especializado en la gestión del ciclo de vida de proyectos del tercer sector, relacionados con las emergencias. Imparte docencia en la Universidad Isabel I, dentro del Grado en Ciencias de la Seguridad, perteneciente a la Facultad de Criminología, y colabora de forma habitual con otras universidades y entidades, en acciones formativas, jornadas y congresos. Desde 2023 es también presidente de la Asociación Profesional de Graduados en Ciencias de la Seguridad.

**Cristina González Gaya** es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, Doctora Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED (premio extraordinario), Catedrática de Universidad y directora de la E.T.S. de Ingenieros Industriales. Centra su investigación en dos líneas, en las que igualmente desempeña labores docentes (cuenta con cinco tramos reconocidos de evaluación docente), estando estas enclavadas una en el campo Ingeniería de los procesos de Fabricación y la otra en la Ingeniería de la Construcción. En esta última área, realiza tareas de coordinación de la docencia del Departamento. En el desarrollo de su carrera profesional, durante casi una década ha colaborado con una ingeniería de primer nivel, en el campo de los proyectos de instalaciones de edificios singulares. Es coautora de profusos artículos de investigación publicados en revistas nacionales e internacionales de reconocido prestigio, habiendo dirigido también numerosas tesis doctorales y trabajos de investigación dentro de su campo de trabajo.



ISBN 979-13-87585-36-5



9 791387 585365



**UNIVERSIDAD  
DE BURGOS**

**Servicio de Publicaciones e  
Imagen Institucional**