



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-410

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## AF3: Integración de tecnologías de apoyo en la gestión de incendios

GONZALVO MORALES, V.<sup>1</sup>, AGUIRRE BRIONES, F.<sup>1</sup>, CARRILLO PATIÑO, A.<sup>1</sup>, LÓPEZ-SATUÉ, J.<sup>1</sup>, DÍAZ ROMERO, M.<sup>2</sup>, BENITO ROBERTI, I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA)

<sup>2</sup> Tecnologías y Servicios Agrarios S.A. (TRAGSATEC)

### Resumen

Desde hace varios años el Grupo TRAGSA ha promovido iniciativas de I+D+i que cubren aspectos de la problemática de los incendios forestales en toda su amplitud, incluyendo la planificación y prevención, la capacitación del personal especialista y la gestión del combate, incluyendo los efectos de esta actividad sobre el comportamiento físico del personal, y la recuperación de áreas afectadas.

A través del proyecto europeo AF3, los resultados alcanzados en dichos ámbitos son integrados para una mejor gestión de la formación la seguridad y el combate de incendios. La utilización del entorno virtual ERVIN para la formación conectado con el uso de la nueva plataforma de gestión Emercarto2 amplía las oportunidades en la formación y la adquisición de habilidades por parte del personal de toda la cadena de mando. Asimismo, la incorporación de información en tiempo real sobre el rendimiento físico del personal permite una mejor administración del trabajo por parte de los responsables directos a través de la aplicación móvil Firestress, como indirectos, en los puestos de mando y centrales de incendios. Aspectos como la estimación de daño potencial sobre el medio ambiente, nivel de afectación y riesgos derivados tras el incendio son también conectados a través de desarrollos paralelos.

En el artículo se recogen los avances realizados en las líneas indicadas así como los trabajos para su uso integrado.

### Palabras clave

Interoperabilidad, restauración, estandarización

### 1. Introducción

Los incendios forestales constituyen un importante agente de riesgo permanente en la Península Ibérica, y en general en toda la Cuenca Mediterránea, con gran complejidad en cuanto a causalidad y consecuencias, y fuertemente relacionado con factores climáticos y socioeconómicos, VÉLEZ (1997), GARCÍA et al. (2005), lo que hace que su atención efectiva resulte una tarea ardua para las administraciones que asumen las competencias para ello.

El Grupo TRAGSA, como medio propio de las Administraciones Públicas, da soporte a las mismas en multitud de actuaciones desde distintas vertientes como son la planificación, la prevención, la preparación y disposición (*preparedness* y *readiness*), el combate en sí, y las actuaciones de estabilización y recuperación de zonas afectadas. Esta actividad ha impulsado la continua búsqueda de soluciones a las necesidades que se van planteando sucesivamente, de acuerdo con las oportunidades que se crean a un tiempo, y conforme al avance de la tecnología. Siendo esta una labor obligada y consustancial al servicio prestado, en ocasiones los retos planteados justifican una atención más específica a través de proyectos de I+D+i, que permiten además un mayor alcance de los resultados obtenidos.

Desde el año 2014, la participación del Grupo TRAGSA en el Proyecto Europeo Advanced Forest Fire Fighting (AF3), proyecto del Séptimo Programa Marco (FP7) de la Unión Europea, bajo el Acuerdo de subvención N° 607276, ha permitido avanzar en la integración de algunos de estos resultados visibilizando algunos nuevos retos próximos a atender en los próximos años. El proyecto AF3 persigue proporcionar una mejora sustancial de la eficiencia en las actuales operaciones de combate de incendios forestales, la protección de las vidas humanas, del medio ambiente y de las propiedades de las personas a través del desarrollo de tecnologías innovadoras que garanticen elevados niveles de integración entre los sistemas existentes y los de nueva creación. Para ello se centra sobre áreas relacionadas con medidas de contención activas y pasivas innovadoras, Sistemas de detección temprana y seguimiento, Gestión integrada de la crisis (apoyo a la toma de decisiones, tecnologías para la simulación y predicción, modelización), y Canales de información pública avanzados. AF3 cuenta con la participación de 19 socios, entre centros de investigación y universidades, grandes empresas y PYMES, y Administraciones Públicas y usuarios finales, de 9 países europeos.

Desde el punto de vista de la gestión del combate, una de las herramientas en las que el Grupo TRAGSA ha venido poniendo grandes esfuerzos durante los últimos años es la plataforma Emercarto. Su diseño basado en Web proporciona una gran flexibilidad de manejo y una gran funcionalidad tanto en la ayuda al control y gestión de los operativos de extinción durante las campañas, como en el seguimiento de las operaciones en emergencias, y para el análisis posterior no solo de los incendios específicos sino también del funcionamiento general del operativo. Transcurridos diez años de su concepción, la proximidad con los usuarios y el avance de la tecnología ha ofrecido nuevas oportunidades, que han permitido incorporar sucesivas mejoras. Ejemplo de ello es la extensión de las funcionalidades de la plataforma más allá de las Centrales de Incendios y Puestos de Mando Avanzados (PMA), hacia las posiciones del área de actuación, gracias al uso de aplicaciones móviles que permiten mejorar la consciencia situacional de los responsables de los equipos de trabajo, integrando los equipos, en el escenario de las operaciones, con los centros de toma de decisiones y apoyo, como los PMA y Centros de Coordinación Operativa (CECOP/CECOPI).

Igualmente, la enorme mejora en las tecnológicas existentes y la aparición de nuevas opciones durante estos últimos años motivó también, una reestructuración de la Plataforma, que mejorase y ampliase su usabilidad con las posibilidades actuales, e hiciese más accesibles las funcionalidades de gestión. Dentro del proyecto AF3 ha sido posible transferir todo el conocimiento alcanzado en los últimos años e incorporarlo en una nueva versión, Emercarto 2, bajo un entorno moderno, que se encuentra actualmente en fase de testeo para su puesta en producción.

Desde la perspectiva de la capacitación, uno de los empeños del Grupo ha sido optimizar el estado físico de Personal Especialista de Extinción de Incendios (PEEIF), a través de la generación y aplicación de conocimiento sobre los trabajos desempeñados en combate. Los múltiples estudios que hemos realizado sobre intensidad de esfuerzo, condiciones de trabajo, preparación física, etc., como los descritos en VILLA et al, (2009), RODRÍGUEZ-MARROYO et al. (2012) o LÓPEZ-SATUÉ (2009) han permitido el diseño de planes específicos de entrenamiento, así como de metodologías para una monitorización del esfuerzo desarrollado, que permita una gestión del personal más adecuada a sus capacidades físicas, evitando situaciones de riesgo, y mejorando la seguridad y el rendimiento. A través de la participación en el proyecto AF3, este último objetivo ha sido materializado en el desarrollo de un entorno web, interoperable con Emercarto2, y una aplicación móvil para la captura de la frecuencia cardiaca de los miembros de los equipos y la generación de estimadores y avisos en caso de agotamiento físico.

A su vez, la creación de entornos formativos, de elevado potencial en la aplicación de los conocimientos en condiciones reales de extinción de incendios, reforzando las habilidades de comunicación, transmisión de órdenes, planificación, asimilación de protocolos, coordinación y análisis, necesarias para cada posición de la cadena de mando, y proporcionando con ello un refuerzo en el nivel de experiencia a los miembros del operativo ha sido también un reto al que el Grupo ha

venido haciendo frente desde el ámbito de la I+D+i. Con los trabajos realizados en AF3, el nuevo simulador ERVIN, implanta un motor de propagación más eficiente, mejora en rendimiento y estabilidad y ofrece nuevas perspectivas para su utilización online, y simultánea con la plataforma de Gestión Emercarto, extendiendo las posibilidades en el diseño de actividades de formación muy diversas.

## 2. Objetivos

Se persigue dar a conocer cómo la integración de diversas soluciones tecnológicas y resultados de proyectos de I+D+i en incendios forestales, y en particular de la participación del Grupo TRAGSA en AF3, pueden aportar valor a la gestión de las actuaciones vinculadas con los incendios forestales, visualizando la gestión de la emergencia desde una perspectiva conjunta e integrada.

Desde el punto de vista de la planificación, la prevención, y la propia gestión de emergencias, un primer objetivo es obtener ayudas e implementarlas en utilidades informáticas, tanto en planificación general, como en la valoración, en tiempo real, de la afectación ante la previsible evolución del incendio producido, para la determinación del daño potencial para el medioambiente, partiendo de metodologías de amplia aplicabilidad en la Unión Europea, fuentes de datos públicas y accesibles, y en caso de disponerlos, de datos de severidad obtenidos a través de sensores satelitales.

Desde la preparación y disposición (*preparation and readiness*) del operativo, en lo que respecta a la capacitación, obtener nuevos entornos formativos de gran flexibilidad e interoperabilidad, con elevada efectividad en el entrenamiento de habilidades precisas en toda la cadena de mando de manera extensible a los diferentes dispositivos de extinción en el ámbito europeo, en el refuerzo de experiencia en extinción a través de intervenciones en incendios simulados en entornos virtuales, y compatible con sistemas de certificación. Se persigue en este sentido, un entorno formativo escalable, capaz de funcionar de manera aislada (*stand alone*), conjuntamente con el sistema de Emercarto, o integrado en el sistema AF3, pudiendo entrenar sucesivamente:

- Habilidades para la actuación en incendios a usuarios ocupando cualquier posición.
- Habilidades para el uso de herramientas de consciencia situacional y apoyo a decisiones desde PC o dispositivos móviles
- Análisis de acciones reales ya realizadas y revisión de actuaciones. Formación continuada.
- Habilidades en el uso del sistema AF3, desarrollado en el marco del proyecto Europeo.

Este campo es también reforzado a través de la generación de conocimiento sobre las condiciones de trabajo del PEEIF, en concreto a través de nuevos estudios sobre el efecto del calor radiante y el entorno de trabajo y labor desarrollada en relación a los mecanismos de termorregulación del organismo. Desarrollar el potencial de este conocimiento para su aplicación en una mejor preparación de los dispositivos de combate (selección de EPIS, mejora de la formación, adaptación de la preparación física, para llegar a ser personalizada, generación de criterio útil en la elaboración de políticas, estándares, etc...). En aras de la seguridad de los combatientes, la aplicación de conocimiento generado para la monitorización del esfuerzo soportado por los miembros de los equipos de combate, a través de aplicaciones móviles compatibles con sistemas de gestión (Emercarto) se revela como un objetivo que atiende la gestión del combate a nivel operacional.

También dentro del combate de incendios, se ha perseguido una mejor utilidad del entorno Emercarto, a través de nuevas funcionalidades que fortalecen la consciencia situacional y toma de decisiones, tanto a nivel operacional como a nivel táctico, permitiendo una mayor accesibilidad de la información a todas las posiciones, interconectando el escenario de las operaciones y sus equipos, con los centros de toma de decisiones y centros de apoyo, PMAs, CECOPIs, etc., a través de aplicaciones móviles (EmerMap, EmeRA, SLPT) y de herramientas de edición y reporte adaptadas a cada posición y cada interfaz. Asimismo, una mejora en la operatividad de las aplicaciones desde

diferentes entornos y plataformas (HTML5), y también una mayor interoperabilidad mediante el uso de estándares de comunicación para la integración de la plataforma con otros módulos especializados en el entorno del Sistema AF3 (simuladores, consciencia situacional, gestión de crisis, modelización de multitudes, propagación de humo, etc.), módulos que aportan información necesaria y complementaria a la existente y que enriquecen considerablemente el escenario que debe ser contemplado desde PMAs y CECOP/CECOPIs.

Por último, cabe mencionar como objetivo orientado a la estabilización y recuperación de la zona afectada tras el incendio, la generación de metodologías para la valoración rápida de riesgos erosivos potenciales, de cara a la programación de actuaciones para la *estabilización de emergencia post-fuego* entendida según VEGA (2016), VEGA et al. (2013), empleando las técnicas más eficientes en cada caso.

### 3. Metodología

La participación del Grupo TRAGSA en el proyecto AF3, proporciona un punto de vista integrador sobre necesidades detectadas diversas, pero vinculadas en la problemática de los incendios forestales. Desde la unidad de I+D+i del Grupo se trabajó en la coordinación de los diferentes equipos de TRAGSA y TRAGSATEC especialistas en los diferentes ámbitos, desde la planificación, el combate, y la recuperación en toda su amplitud, a las actividades transversales necesarias para la implementación de soluciones: teledetección, desarrollo Web y Android, programación GIS, Internet of Things (IoT), estandarización en interoperabilidad, etc.

*Estimación de daño del fuego en los valores ambientales desde dos enfoques: preventivo y postincendio*

Los trabajos prestan especial atención a la calidad de los sistemas forestales afectados, a través de un modelo de procesamiento basado en el análisis y tratamiento de datos alfanuméricos y de información cartográfica directa o indirectamente disponible. La metodología persigue un doble enfoque: preventivo (establecer el daño en un potencial incendio en una zona determinada o en el espacio donde se está desarrollando un incendio real y el área afectada por su previsible evolución), y de estimación del daño tras la ocurrencia real de un incendio (a partir del perímetro obtenido de información de satélite (Figura 1).

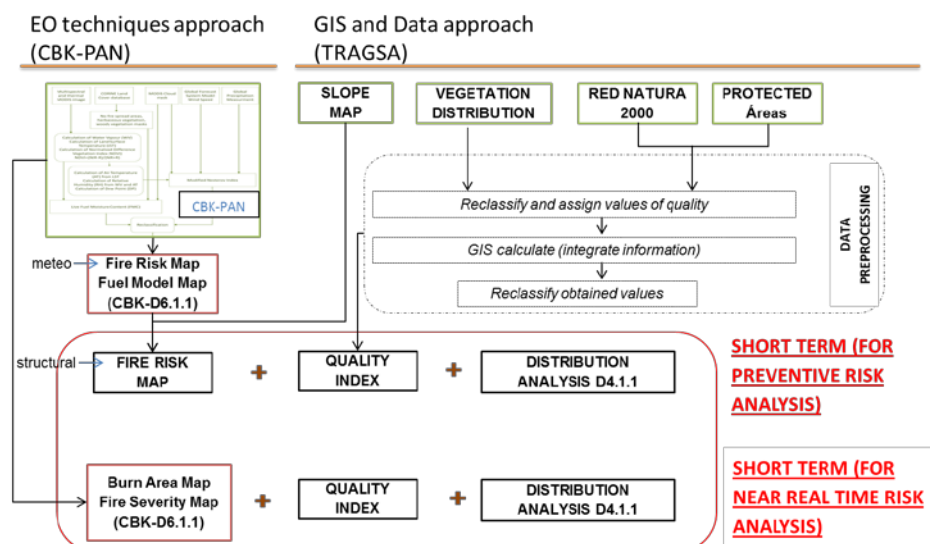


Figura 1. Esquema metodológico para el análisis de daños.

La información de entrada para el modelo son imágenes de teledetección de datos MODIS, LANDSAT y Sentinel-1, que proporcionan el área quemada, la severidad del incendio, el modelo de combustible y los mapas de riesgo de incendio meteorológico; e información cartográfica a nivel europeo y/o nacional generada por TRAGSATEC en el desarrollo del proyecto a partir de cartografía disponible de máxima actualidad como son la pendiente (generada a partir del Modelo Digital de Elevaciones de Europa a 25-30 m de la Agencia Europea de Medio Ambiente), el índice de calidad de los sistemas forestales (generado en el marco del proyecto a partir de la cartografía de CORINE Land Cover CLC2006, de la Red Natura 2000 y de la Common Database on Designated Areas CDDA de la Agencia Europea de Medio Ambiente; y de la Foto Fija 2012 del Mapa Forestal de España) y la distribución de vida silvestre (generada en el marco del proyecto a partir de la cartografía y bases de datos de la de la Red Natura 2000 y de la Directiva Hábitats 92/43/CEE de la Agencia Europea de Medio Ambiente).

El trabajo TRAGSATEC incluye un módulo de análisis de distribución de la vida silvestre para cuya elaboración se desarrolló una aplicación Access (AF3n2000WLD) que a partir de los datos a nivel europeo de Natura 2000 establece automáticamente la distribución de la vida silvestre protegida en función de la población y riqueza de las especies, que puede ser cargada en ArcGIS para la obtención del mapa correspondiente, con la ventaja de poder actualizar el mapa con los nuevos datos reportados a la Unión Europa por los Estados para cada espacio. Los datos de salida de la aplicación son cargados en un servicio web que extrae para un determinado recinto el dato de distribución y otros datos de utilidad, como son: país, especies presentes y su estado de conservación, espacio de la Red Natura 2000 y hábitat correspondientes al recinto, estado de conservación del hábitat (Figura 2).

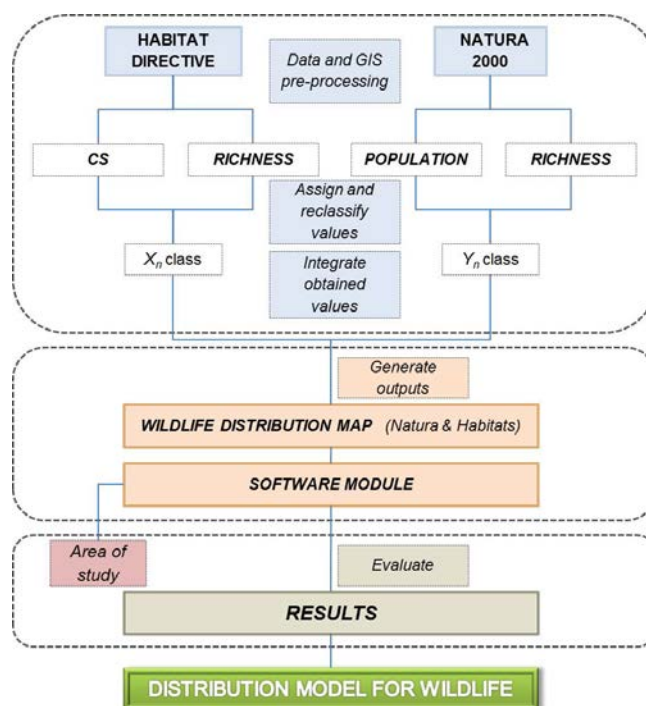


Figura 2. Esquema metodológico del modelo de distribución de vida silvestre.

En el desarrollo se ha perseguido la aplicabilidad en el ámbito europeo, así como que permita ser aplicada mediante un software integrado en el entorno del proyecto AF3. A tal fin, se desarrolló una utilidad sobre ArcGIS que integra y procesa en tiempo real las diferentes coberturas cartográficas y proporciona una salida del daño preventivo o real de un incendio potencial o concreto

respectivamente. Asimismo se desarrollaron los servicios precisos para la consulta de los recintos generados desde el entorno de Emercarto, y su disponibilidad hacia terceros módulos del sistema AF3 en caso de así desearse.

#### *Entrenador Virtual de Incendios Forestales (ERVIN)*

La metodología de desarrollo de ERVIN comienza con un profundo análisis documental y del estado de la técnica en diferentes ámbitos, para la implementación posterior a través de las tecnologías identificadas como más óptimas de sistemas de gestión, testado, ajuste, y revisión de nuevos requisitos procedimientos.

Asimismo se requiere el diseño de modelos de datos y desarrollo de servicios web que permitan la integración del entrenador en el Sistema AF3 en el que desempeña funciones específicas para la gestión de la propagación de los incendios simulados y la intervención de unidades operacionales, entendiendo por estas las ubicadas en los niveles 1, 2 y 3 del Modelo de Capacitación en incendios forestales propuesto por HERNÁNDEZ et al. (2013).

Siendo el desarrollo de directrices comunes en cuanto a preparación y formación del personal que trabaja en incendios forestales el camino para garantizar un trabajo eficaz y seguro y un eficiente intercambio de recursos entre las distintas administraciones competentes según HERNÁNDEZ et al., (2013), una parte importante en el diseño y desarrollo del entrenador ha sido la recopilación y análisis de mecanismos de respuesta, protocolos, terminologías, y organigramas de diferentes países y regiones para alcanzar una usabilidad adaptada al marco general de los Sistemas de Manejo de Emergencias en sus diferentes aplicaciones en el territorio. Igualmente trascendental es la vigilancia en detección de las tecnologías y entornos de desarrollo más adecuados a los objetivos perseguidos, así como la incorporación del conocimiento sobre propagación del fuego y de los rendimientos de las unidades intervinientes, como de cada uno de los procesos implicados, que han de ser traducidos para su incorporación a un entorno informático, pero sin menoscabar la naturalidad (usabilidad) con que deben ser llevados a cabo, como si de un entorno real se tratase. Puede encontrarse un mayor detalle en la comunicación específica sobre ERVIN presentada en este mismo séptimo Congreso Forestal Español (CFE7).

Una fase final de integración permite conectar el entorno desarrollado con Emercarto, que a su vez permite la conexión con el resto de módulos del sistema AF3, si se desea la realización de ejercicios específicos del Proyecto, y que se ha realizado de manera alineada con el modelo *Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI)*, y empleando protocolo REST para su interoperabilidad con otras plataformas.

#### *Análisis del flujo de calor soportado en incendios forestales y papel del EPI en la termorregulación del PEEIF*

Con el objeto de contribuir a la seguridad de los combatientes, se llevaron a cabo tres aproximaciones en el ámbito del proyecto AF3:

- Análisis del flujo de calor soportado y cálculo del porcentaje de atenuación del mismo transferido al interior del EPI, en incendios forestales reales.
- Valoración en laboratorio del papel del EPI en la termorregulación del PEEIF.
- Evaluación en Termomán (Thermo-Man ®, E. I. du Pont de Nemours & Co, Ginebra, Suiza) del riesgo de sufrir quemaduras así como el grado y posición de las mismas portando el EPI.

Puede encontrarse una descripción detallada en comunicación específica de este CFE7.

*Análisis en incendios forestales reales parámetros ventilatorios, circulatorios y termorregulatorios a través del sistema EQUIVITAL y herramientas para la monitorización de indicadores de esfuerzo en tiempo real (Fire Stress)*

Extendiendo los análisis anteriores, junto con los realizados en anteriores experiencias realizadas por el Grupo: Proyecto CREIF, 2006-2009, en LÓPEZ-SATUÉ (2009) y RODRÍGUEZ et al. (2012), y con el fin de avanzar en su aplicación, se trabajó en dos enfoques paralelos que vinculan la intensidad de esfuerzo y sus descriptores, y la capacidad termorreguladora, como aspectos interrelacionados con el rendimiento, la seguridad y la salud de los trabajadores (detalle de los trabajos realizados puede encontrarse en comunicación específica enviada a este CFE7). Se indican a continuación los principales enfoques realizados.

- Análisis de parámetros ventilatorios, circulatorios y termorregulatorios en incendios forestales reales a través del sistema EQUIVITAL.
- Implementación de herramientas que permitan a los responsables de las brigadas tanto en el área afectada como en ubicaciones remotas, Dirección y Apoyo, la visualización y seguimiento en tiempo real durante los incendios forestales del nivel de esfuerzo, pudiendo llevar a cabo un análisis individualizado de la misma y estableciéndose un sistema de avisos sobre riesgos por exceso de esfuerzo físico, descritos previamente en función de diversos parámetros determinantes de máxima intensidad carga por trabajo físico.

#### *Herramienta de gestión Emercarto2*

Se definen escenarios y especifican soluciones tecnológicas propuestas para los escenarios y paquetes de trabajo establecidos. Cada solución tecnológica es descrita y comprobado el grado de cumplimiento con los requerimientos de usuario final del proyecto. Las especificaciones tecnológicas junto a los paquetes de trabajo definen una estructuración del proyecto en sub-sistemas que son identificados y se especifica su arquitectura. Con la descripción de los trabajos y su agrupación en paquetes, los escenarios de funcionamiento y su organización que dan lugar a sub-sistemas con una funcionalidad y tecnología especificada, se elabora el ICD (Interface Control Data Exchange), documento que fija los modelos de intercambio de información entre sistemas, su estructura, flujo y funcionamiento.

El proceso metodológico empleado implicó las fases de Establecimiento de requisitos; Análisis y Diseño de cada solución propuesta; Plan de viabilidad y Evaluación tecnológica de la solución; Construcción y Pruebas de Integración.

#### *Estimación de riesgos erosivos y metodologías de estabilización post fuego*

La problemática asociada a los incendios forestales a menudo se extiende más allá de la desmovilización de las unidades desplegadas, siendo precisa una intervención urgente en el área afectada con objeto de preservar el potencial de recuperación natural de las masas afectadas (frente a riesgos de degradación). La atención de dichas áreas es a menudo una tarea compleja cuya dificultad es incrementada por la necesidad de actuar con premura sobre grandes superficies, y con recursos limitados.

Uno de los focos de la participación del Grupo en el proyecto AF3 se encuentra en la implementación de metodologías para la evaluación rápida de las áreas afectadas e identificación las zonas prioritarias de actuación por riesgo de erosión tras la ocurrencia de un incendio forestal. A tal fin se está trabajando en el diseño de utilidades basadas en metodologías ya desarrolladas y contrastadas en España, como las propuestas en VEGA et al. (2013) y ALLOZA et al. (2013), y en estudios y modelos de estimación de riesgos erosivos aceptados a nivel internacional, todos ellos perfectamente aplicables al ámbito europeo y en particular al territorio español.



La metodología desarrollada proporciona un modelo para ayudar en la toma de decisiones destinadas a mitigar el riesgo erosivo tras un incendio forestal; y para ello ofrece metodologías para evaluar los niveles de severidad del fuego en el suelo y en la vegetación, la capacidad de respuesta de la vegetación y las pérdidas de suelo post-incendio estimadas.

Lo más trascendente de esta tarea del proyecto es que se está aplicando a incendios reales sucedidos en el verano-otoño de 2016 en las provincias de Cuenca y Orense, y en los que se ha llevado a cabo una valiosísima evaluación en campo que permita determinar el nivel de severidad sufrido por la vegetación y el suelo en el área quemada, información fundamental para depurar la severidad del fuego obtenida mediante teledetección con la aplicación del índice Ratio de quema normalizado, diferenciado y relativizado (RdNBR) a partir de imágenes de Sentinel-2. Esta evaluación de la severidad se acompaña de una toma de muestras de suelo que ayude a estimar el estado del suelo tras el paso del fuego y cómo ha podido modificar sus propiedades físicas y químicas de cara a la erosión.

Para la estimación de las pérdidas de suelo se ha optado por la aplicación del modelo empírico RUSLE, RENARD et al. (1991), dada su amplia aceptación y aplicación a nivel nacional e internacional, su utilidad para ayudar a determinar prioridades de actuación, y su ventaja de posibilitar la estimación del riesgo de erosión después del incendio mediante la modificación de algunos de los factores que intervienen en la formulación de las pérdidas de suelo, ya sea gracias a la toma de datos en campo y por satélite y a bibliografía contrastada. Para su cálculo se utiliza la información digital y alfanumérica de máxima actualidad disponible tanto a nivel nacional (Inventario Nacional de Erosión de Suelos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente) como europeo (Mapa de pérdidas de suelo en la Unión Europea del Joint Research Centre).

La integración de toda la información generada y modelizada se procesa en un modelo de ArcGis que proporciona las áreas más urgentes de actuación en la zona incendiada. Asimismo está previsto desarrollar los servicios precisos para la consulta de los recintos generados desde el entorno de Emercarto, y su disponibilidad hacia terceros módulos del sistema AF3 en caso de así desearse.

Toda esta información se procesa en un modelo SIG que proporciona las áreas más urgentes de actuación en la zona incendiada.

#### 4. Resultados

*Estimación de daño del fuego en los valores ambientales desde dos enfoques: preventivo y postincendio.*

El producto resultante es un software SIG que proporciona a partir de una petición del sistema AF3 un mapa con la estimación de daños clasificada en cinco clases de daño (0-nulo, 1-bajo, 2-moderado, 3-alto y 4-muy alto), donde los valores más elevados corresponden con aquellas áreas con un mayor daño potencial (con mayor riesgo y vulnerabilidad); y un segundo mapa de daños de máxima actualidad en un incendio real con la estimación de daños clasificada en cinco clases de daño (0-nulo, 1-bajo, 2-moderado, 3-alto y 4-muy alto), donde los valores más elevados corresponden con un daño motivado por una elevada severidad del fuego en las áreas más vulnerables y donde la severidad del fuego es el factor más influyente. Este resultado puede ser de gran utilidad para la gestión de la extinción del incendio y de su restauración post-incendio.

*Entrenador Virtual de Incendios Forestales (ERVIN)*

Se trata de una aplicación “multiusuario”, ejecutable en equipos con hardware convencional, sobre redes locales o internet. Soporta un límite indefinido de usuarios diferentes en cada sesión, enviándose asimismo las acciones ejecutadas a la plataforma de gestión Emercarto.

ERVIN crea un entorno didáctico envolvente, generando una realidad virtual muy similar a la que se vive durante las labores de extinción, favoreciendo el aprendizaje y la evaluación de las mismas por parte del propio alumno, quedando las sesiones registradas de forma individual o conjunta.



Figura 3. Detalle de la extinción con autobomba en ERVIN

#### *Análisis del flujo de calor soportado en incendios forestales y papel del EPI en la termorregulación del PEEIF*

La cuantificación del flujo de calor soportado por los trabajadores, unido al registro de todas las variables ligadas con la termorregulación en el ser humano (temperatura central, sudoración, frecuencia cardiaca, etc), ha permitido caracterizar el estrés térmico presente en la lucha contra los incendios forestales. En este sentido, el análisis de los valores de flujo de calor radiante y convectivo emanados de las llamas, así como los obtenidos en el interior del EPI, ha constatado el papel de vital importancia que supone la utilización de los buzos ignífugos en las tareas próximas al fuego. Este trabajo ha permitido analizar el comportamiento del buzo ignífugo en la transferencia de calor corporal (mediante la sudoración) al ambiente

#### *Análisis en incendios forestales reales parámetros ventilatorios, circulatorios y termorregulatorios a través del sistema EQUIVITAL y herramientas para la monitorización de indicadores de esfuerzo en tiempo real (Fire Stress)*

El proyecto europeo Advanced Forest Fire Fighting (AF3), ha permitido profundizar en el conocimiento y el análisis en tiempo real de todas las variables fisiológicas y termorregulatorias relevantes en el trabajo desarrollado, potenciando así la seguridad laboral en este trabajo.

Frecuencia cardíaca, temperatura corporal, ritmo respiratorio, electrocardiograma de esfuerzo o el gasto metabólico en tiempo real han sido analizadas de manera simultánea mediante el sistema EQUIVITAL, tanto en laboratorio como en condiciones reales de combate de incendios. El trabajo ha permitido implementar la aplicación de Smartphone y plataforma Web FIRE STRESS que permite un seguimiento de acuerdo con los umbrales de esfuerzo definidos. Dichos registros llevados a cabo “en tiempo real”, pueden permitir a la organización establecer medidas o estrategias dirigidas a anticiparse a una posible situación de riesgo, por estrés, que pueda presentarse durante la extinción de un incendio forestal. FireStress permite además la incorporación de anotaciones sobre los tipos de

actuación conforme a los partes de actuación de brigadas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medioambiente, por considerarse, fácilmente automatizables a través de otras plataformas de gestión al compartir terminología y codificación, y de gran interés desde una óptica de “gestión adaptativa”, en el análisis posterior de los datos si debiese llevarse a cabo, e implantación mejoras derivadas.

#### *Resultados obtenidos a través de Emercarto y derivados*

El producto obtenido se materializa en nuevas versiones de Emercarto (Emercarto2) con las siguientes funcionalidades y mejoras incorporadas:

- Nueva interfaz de usuario, basada en estándares Web (HTML5) que no solo extienden la funcionalidad respecto a la versión anterior, sino que aumentan la interoperabilidad.
- Nuevas capas e información a gestionar por el sistema, al quedar incorporada información relativa a Vida Silvestre, resultados de simulaciones (zonas afectadas por columnas de humo, zonas de evacuación o movimiento de multitudes y zonas de evolución del fuego, etc.), posibilidad de recibir posiciones y estado de recursos intervinientes o afectados en la extinción pero ajenos al propio sistema y cuya participación es necesaria (policía local, ambulancias, personal de otros ámbitos administrativos, etc.), información operacional (zonas de pellets y cápsulas), etc.
- Nueva Gestión de la Seguridad que permita cumplir los requisitos de acceso a la información generada e intercambiada entre sistemas.
- Nuevas versiones de las aplicaciones móviles (EmeRA, EmerMap, EmerCapture y SLPLT) que puedan gestionar la seguridad e información manejada por el sistema y adaptadas a las versiones de Android actuales.
- Nuevas capacidades de edición y mantenimiento de la información (alta de elementos) tanto en aplicaciones móviles como en la versión para navegador Web.

#### *Estimación de riesgos erosivos y metodologías de estabilización post fuego*

El producto es un software que permite obtener las áreas más urgentes de actuación en la zona incendiada por riesgo de erosión a partir de información cartográfica relativa a la severidad del fuego, la vegetación existente antes del fuego, las pérdidas de suelo estimadas tras el incendio y la identificación de áreas forestales vulnerables por su calidad. Este producto puede ser una importante herramienta para la identificación urgente de actuaciones en incendios forestales en España y en el ámbito europeo.

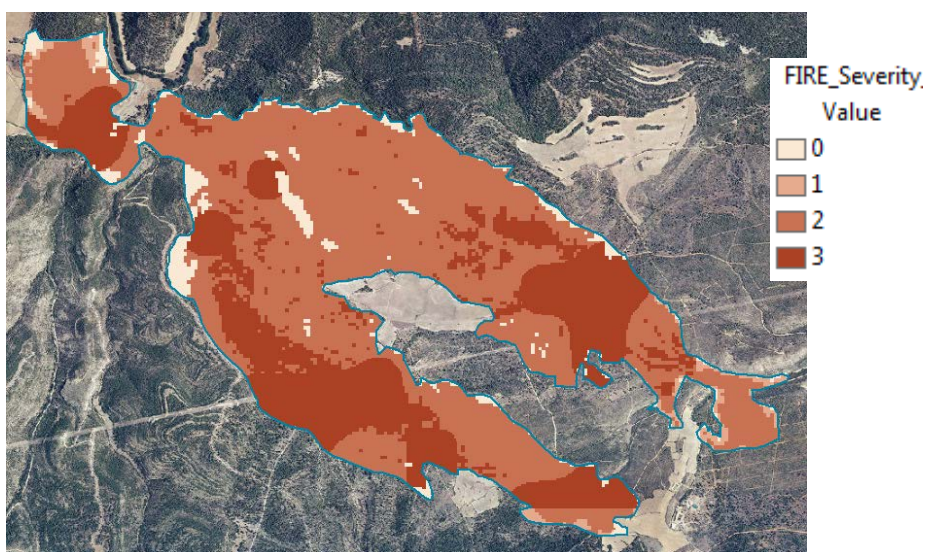


Figura 4. Ejemplo salida del Mapa de severidad del fuego en el incendio de Paracuellos. (Cuenca, 2016)

## Trabajos de Integración

La atención a cada uno de los objetivos descritos a través del proyecto AF3 ha permitido el aprovechamiento de tecnologías comunes, así como la aplicación de requisitos de interoperabilidad que aproximan más allá del plano teórico o estratégico, diversas metodologías y herramientas para su aplicación. De este modo, se ha podido garantizar la interacción entre módulos a través de interfaces basadas en estándares, lo que facilita además la conexión futura con terceras aplicaciones, en su caso. Asimismo, la integración se ha completado en base los requisitos y arquitectura acordados en el ámbito del proyecto AF3, sin renunciar al funcionamiento autónomo.

Dentro de esta integración en el sistema AF3 se ha implementado el intercambio y visualización de información tal como los resultados de modelos de propagación de fuego y humo, o de multitudes bajo situaciones de crisis.

Para el intercambio de información entre módulos y gestión de las comunicaciones se han desarrollado varios servicios Web Restful de comunicación usando XML y JSON como estándares de intercambio. Para la integración de la información y su presentación en una interfaz rica se ha utilizado tecnología Microsoft y una aplicación web HTML5 siguiendo el patrón de diseño MVC (Framework MVC5). Como repositorio de datos se utiliza un servidor SQLServer 2012, para el acceso a esta se ha utilizado EntityFramework 6.

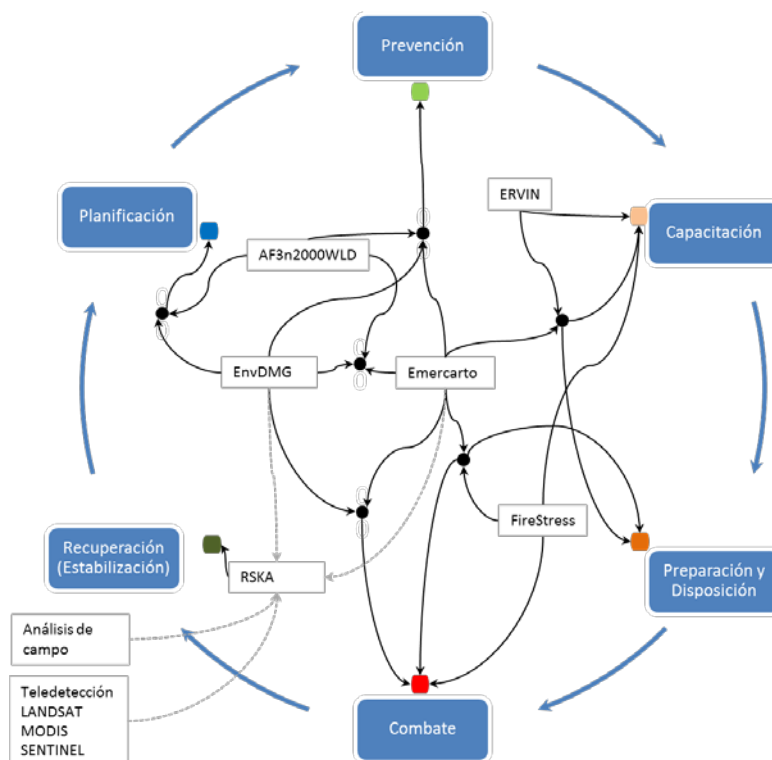


Figura 5. Esquema de integración de utilidades del Grupo TRAGSA en una gestión integrada.

## 5. Discusión

Un enfoque de la problemática de los incendios forestales exclusivamente centrado en la atención de catástrofes, aísla las actuaciones de mitigación del evento, de los condicionantes del mismo (causalidad, factores climáticos y socioeconómicos, preparación y disposición de los operativos, prevención, capacitación, etc.). Este enfoque dificulta el aprovechamiento del

conocimiento en ámbitos relacionados, dificultando la permeabilidad entre las distintas disciplinas implicadas. Generar herramientas que favorezcan esta permeabilidad, es de utilidad para cada una de ellas, favoreciendo un mejor conocimiento del problema en toda su dimensión a los responsables desde las distintas áreas y proporcionando criterio e información útil en el análisis de los factores que afectan en cada campo. Los resultados alcanzados en AF3 permiten alcanzar un primer nivel en esta integración, si bien es preciso continuar trabajando para una mejor conexión entre los ámbitos relacionados (investigación, planificación, prevención, combate, actuaciones ambientales).

En el alcance del proyecto AF3 ha sido posible interconectar entornos de formación (ERVIN) y herramientas de gestión de crisis (Emercarto), proporcionando un valor añadido en ambos frentes. También se ha permitido visualizar conjuntamente resultados de análisis de daños potenciales cualitativos sobre el medio ambiente con el seguimiento de la intervención en el incendio, y el histórico almacenado, lo que permite por un lado dotar a los gestores de mecanismo de respuesta de criterio para la declaración de niveles de gravedad potencial, establecido en los planes especiales de emergencia por incendios forestales, como dotar los gestores en el ámbito de la planificación de criterio para la interpretación de lo sucedido y sus posibles consecuencias.

Herramientas de monitorización del esfuerzo soportado por los miembros de las brigadas son conectadas con el entorno de gestión de crisis Emercarto proporcionando nuevas ayudas en la gestión segura y eficaz de las personas implicadas en los trabajos de extinción. Permite asimismo una ayuda al análisis post-incendio gracias al registro de eventos sincronizados sobre las actuaciones realizadas.

El uso de herramientas móviles conectadas permite además un registro, simultáneo al evento, de datos o información cualitativa que pueden ser de utilidad tras el incendio incluso en otros ámbitos, como el investigador, avanzando en la adaptación de la gestión futura.

La transferencia de conocimiento sobre lo ocurrido en la fase de extinción, hacia etapas posteriores para la estabilización y recuperación de la zona afectada son considerados de valor para una mejor toma de decisiones y una pronta evaluación de la situación post-incendio, y la técnica desarrollada en actuaciones de análisis post-fuego y etapas de estabilización, es de ayuda también en la planificación de la prevención, uso de fuego prescrito y otras técnicas de gestión de combustible.

## 6. Conclusiones

En el marco del proyecto europeo AF3, se ha visto la necesidad y la conveniencia de desarrollar metodologías que permitan la integración de las distintas tecnologías de apoyo a la extinción, que en los últimos tiempos viene apareciendo en el ámbito de los incendios forestales.

Sistemas de gestión y localización, plataformas de formación y entrenamiento, aeronaves no tripuladas, sensores y herramientas de detección, aplicaciones basadas en teledetección y LIDAR, técnicas de monitorización y videovigilancia, entre otras, son utilizadas actualmente por los dispositivos de las distintas administraciones y organismos públicos con competencias en la gestión de incendios forestales. Encontrar mecanismos de transferencia de información sencilla, fiable y a tiempo real entre todos estos elementos, resulta una de las prioridades de los desarrollos de este proyecto AF3, para lo cual el Grupo Tragsa ha avanzado en la elaboración y testeo de protocolos de comunicación entre sistemas diversos, que aplica actualmente con éxito en algunas de sus herramientas tecnológicas más destacadas.

A su vez, la oportunidad de un mejor aprovechamiento de la información generada durante la extinción de incendios, como de la prevención de éstos y la recuperación de las zonas afectas se evidencia con las posibilidades que hoy en día ofrece el alto nivel de conectividad. Asimismo, el

estado actual de la tecnología permite un aprovechamiento cada vez más eficiente de estas herramientas a través de mejorar la accesibilidad a las mismas y su interoperabilidad. La apertura de bases públicas de datos, la generación de estándares para una mejor comunicación entre aplicaciones y dispositivos, y la explotación de datos no estructurados ofrece un gran potencial para un aprovechamiento del conocimiento cada vez más eficiente.

## 7. Agradecimientos

A la Junta de Castilla León, a la Universidad de León, al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, al personal de las BRIF.

## 8. Bibliografía

ALLOZA, J.A., GARCÍA, S., GIMENO, T., BAEZA, J., VALLEJO, V.R., ROJO, L., MARTÍNEZ, A.; 2013. *Guía técnica para la gestión de montes quemados: protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación*. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica, Madrid.

GARCÍA ROBREDO, F; ESPEJO PERALES, J.Á.; GODINO GARCÍA, M.; 2005. *Análisis de las causas socioeconómicas de los incendios forestales en la provincia de Jaén*. 4CFE05-383. Zaragoza

HERNÁNDEZ, E., ENRÍQUEZ, E., MORENO, I.; 2013. *Hacia un nuevo modelo de capacitación en incendios forestales*. 6CFE01-327

LÓPEZ-SATUÉ, J.; 2009. *Influencia de la Condición Física en el Rendimiento y en la Salud del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales*. Tesis Doctoral. Universidad de León. España.

RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A. AND PORTER, J.P. 1991. *RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation*. *J. Soil and Water Conservation* 46(1). U.S. Department of Agriculture

RODRÍGUEZ-MARROYO, JA.; LÓPEZ-SATUÉ, J.; PERNÍA, R.; CARBALLO, B.; GACÍA, J.; FOSTER, C.; VILLA, JG.; 2012. *Physiological work demands of Spanish wildland firefighters during wildfire suppression*. *Int Arch Occup Environ Health*. (85)2: 221-228.

VEGA, J.A., FERNÁNDEZ, C., ARELLANO, A., DÍAZ-RAVIÑA, M., CARBALLAS, M.T., MARTÍN, A., GONZÁLEZ-PRIETO, S., MERINO, A., BENITO, E.; 2013. *Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas. Guía para su planificación en Galicia*. Xunta de Galicia. ISBN 978-84-8408-716-8. Santiago de Compostela.

VEGA, J.A. 2016. *Prioridades de restauración de áreas forestales quemadas*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 42: 155-180 (2016). Pag 159.

VÉLEZ, R.; 1997. *El reto de la prevención de los incendios forestales en un ambiente global*. 2CFE05-081.

VILLA, JG.; PERNÍA, R.; RODRÍGUEZ-MARROYO, JA.; LÓPEZ-SATUÉ, J.; ÁVILA, MC.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; 2009. Intensidad de esfuerzo realizado en la extinción de incendios forestales. *Arch Med Deporte*. 133: 261-272.