



**6º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL**

6CFE01-303

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evaluación de la eficacia de tratamientos preventivos en matorral mediante el modelo físico de predicción de comportamiento del fuego WFDS

JIMÉNEZ CARMONA, E.¹, VEGA HIDALGO, J.A.¹, FERNÁNDEZ FILGUEIRA, C.¹, FONTÚRBEL LLITERAS, M.T.¹ y PÉREZ-GOROSTIAGA RIVERO, P.¹

¹ Centro de Investigación Forestal – Lourizán (Pontevedra), Xunta de Galicia

Resumen

Los matorrales constituyen las principales formaciones afectadas por los incendios en España, siendo cada vez más urgente la necesidad de desarrollar tratamientos de combustibles forestales. En este estudio se evalúa mediante el modelo físico WFDS el efecto en el comportamiento del fuego de tres tratamientos preventivos en parcelas experimentales localizadas en matorrales de Galicia: Fuego prescrito, desbroce y trituración y desbroce y extracción. Al cabo de tres años se realizaron muestreos destructivos para la caracterización de los combustibles. Bajo unas condiciones meteorológicas y de humedad de los combustibles similares, se evaluó el comportamiento del fuego analizando la transición del fuego de una zona sin tratar a otra tratada mediante el modelo WFDS. Para los tres tratamientos, se observó una reducción en la velocidad de propagación con respecto al área sin tratar, del 50% para desbroce y extracción, y del 40% para los tratamientos de quema prescrita y desbroce y trituración, así como una drástica disminución de la cantidad de energía liberada.

Palabras clave

Tratamientos preventivos, quema prescrita, WFDS.

1. Introducción

En España, los incendios forestales son uno de los principales problemas medioambientales, implicando tanto un riesgo a la vida humana y núcleos de población como un severo perjuicio a nivel económico, social, ecológico y paisajístico. Las áreas de matorral son las más afectadas por los incendios forestales. Durante el período 1991-2000, la superficie quemada de matorral superó en un 35% a las zonas incendiadas de arbolado y pastos. En el noroeste de la Península Ibérica esta proporción es aún mayor, viéndose afectadas por incendios forestales en Galicia 22.000 ha anuales de matorral en la década 1996 – 2005 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006).

Los grandes efectos negativos de estos incendios forestales, así como las elevadas inversiones exigidas para su extinción refuerzan la necesidad de implementar tratamientos de combustibles forestales con el objetivo de reducir la intensidad de los incendios que se produzcan en estas áreas, incrementar los niveles de seguridad del personal implicado en las labores de extinción y disminuir su impacto ecológico. Las inversiones que se están realizando en actividades de prevención en los países con una elevada problemática de incendios son cuantiosas. Sin embargo, actividades se están llevando a cabo sin el apoyo de una información científica contrastada, ya que existe una escasez de conocimiento sobre esta área a nivel mundial, sobre todo en lo que se refiere a la perduración del efecto preventivo en el tiempo, ya que la mayoría de los estudios existente evalúan únicamente el impacto inmediato de estas actividades (FINNEY et al., 2005).

El uso de modelos de comportamiento del fuego puede ser de gran utilidad para evaluar el efecto de tratamientos preventivos (SCHMIDT et al., 2008). WFDS (Wildland – Urban Fire Dynamics Simulator – MELL et al., 2007) es un modelo físico basado en técnicas de dinámica de fluidos computacional que predice numéricamente el movimiento del humo y el flujo de aire caliente causado por el fuego, viento y otros factores, mediante la resolución de ecuaciones de dinámica de fluidos, combustión y transferencia de calor. Este tipo de modelo requiere significativamente más recursos informáticos que otros modelos de comportamiento del fuego como BEHAVE o FARSITE.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio es la evaluación mediante modelos físicos, utilizando el programa WFDS, de la eficacia y permanencia en el tiempo de los tratamientos preventivos para modificar el comportamiento del fuego en incendios forestales.

3. Metodología

Este trabajo se ha llevado a cabo en el área experimental de Chan de Grade, en el término municipal de Dozón – Pontevedra (42°35'08''N – 8°5'49''O). Es un área dominada por una comunidad vegetal de brezal mixto, siendo *Erica umbellata* Loeffl. (L.) la especie principal, acompañada por otras especies leñosas como *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Pterospartum tridentatum* (L.) Wilk., *Ulex europaeus* L., *Ulex gallii* L., y *Halimium lasianthum* ssp. *alyssoides* (Lam.). La zona experimental se encuentra a 600 sobre el nivel del mar, y está caracterizada por un clima oceánico, con una temperatura anual de 12,5°C y una precipitación media anual de 1.600 mm, con un período de sequía de dos meses durante el verano. La extensión del área experimental es de 6 ha, con una pendiente que oscila entre el 5 – 15%, una orientación N – NO. Los suelos son cambisoles alumi-úmbricos.

Se instalaron, utilizando un diseño completamente aleatorio, 15 parcelas de 35 m de ancho y 50 m de largo (esta dimensión siempre coincidiendo con el sentido de la máxima pendiente de la ladera). En estas parcelas se aplicaron tres tratamientos de manipulación de los combustibles (cinco réplicas por tratamiento – Figura 1):

- Quema prescrita,
- Desbroce y trituración del matorral
- Desbroce y extracción del matorral.

En cada una de las parcelas los tratamientos se realizaron en la mitad superior de su longitud (25 x 35 m). De esta manera, se comparaba, mediante modelización, la variación del comportamiento del fuego para cada tratamiento teniendo siempre como referencia el comportamiento en la zona previa sin tratar.



Figura 1. Tratamientos preventivos realizados en el área de estudio. Arriba, quema prescrita, abajo a la izquierda desbroce y trituración, abajo a la derecha, desbroce y extracción

A los 36 meses de la realización de los tratamientos preventivos en campo se llevó a cabo la caracterización del combustible en todas las parcelas cabo mediante un procedimiento mixto con doble muestreo, tanto en la zona tratada como en la zona sin tratar. Este muestreo consistió por un lado en la realización de inventarios destructivos del material vegetal presente en cuadrados de 4 m² cada uno situados sistemáticamente dentro de las parcelas, con el objetivo de construir ecuaciones alométricas entre las cargas de las diferentes fracciones de combustible consideradas y las variables medidas en los puntos del inventario. Por otro lado, se efectuaron medidas continuas de cobertura por especie, a lo largo de tres transectos paralelos a la longitud de la parcela, y sistemáticas de altura por especie, porción seca y espesor de la capa de hojarasca y mantillo cada 50 cm. Finalmente, las ecuaciones alométricas construidas fueron usadas, en conjunción con los datos recogidos en los transectos para estimar la carga de combustible de los estratos y fracciones considerados. Estos valores fueron utilizados como valores de entrada en los análisis numéricos realizados mediante WDFS.

Se llevaron a cabo un análisis numérico en dos dimensiones utilizando WFDS versión 4 con las características de combustible medias para cada tratamiento (Tabla 1). El área del análisis fue de 300 m de largo (eje x), 3 m de ancho (eje y) y 120 m de alto (eje z, que se corresponde con la cota en WFDS). La zona combustible se situó en el centro del eje x, como una tira de 100 m de largo, los primeros 50 m correspondientes al área sin tratar (testigo, con las mismas características para los tres análisis) y los siguientes 50 m correspondientes al área tratada. En la zona anterior y posterior al área del análisis, se dispuso de una zona de combustible similar al testigo, a la que no se le permitió arder. La resolución de la celda fue

en todos los casos de 0,6 m en el eje “x”, y de 0,83 m en el eje “z” (lo que resultó en un total de 18.000 celdas).

Tabla 1. Características de los combustibles en función de los tratamientos

Tratamiento	Carga (kg m ⁻²)	Altura (m)
Testigo	2,00	0,71
Quema prescrita	1,41	0,32
Desbroce y extracción	1,33	0,30
Desbroce y trituración	1,08	0,31

En los tres análisis numéricos, la velocidad del viento a 2 m de altura (u_0) fue de 3 m s^{-1} ($10,8 \text{ km h}^{-1}$) y la humedad de los combustibles finos del 10%. La velocidad del viento varió con la altura según la ecuación: $U = U_0 (z/2)^{1/7}$. En todos los casos se consideró que el terreno era llano. La ignición se localizó al inicio de la zona sin tratar.

4. Resultados y discusión

Las velocidades de propagación obtenidas a partir de la modelización física se presentan en la Tabla 2. Los valores de velocidad de propagación fueron elevados comparados con los observados para el mismo tipo de vegetación y condiciones ambientales similares en quemas experimentales (FERNANDES, 2001; VEGA et al., 2001, 2006). Parece necesario un mejor calibrado de este modelo para estos tipos de combustibles (tanto tratados como no tratados), mediante información obtenida de incendios forestales o quemas experimentales.

Se aprecia un significativo efecto de los tratamientos preventivos en la reducción de la velocidad de propagación a los tres años de su ejecución. Esto contrasta con los resultados obtenidos en tests experimentales por MARINO et al., (2011) para matorrales de tojo (no para brezales mixtos, como es el caso del estudio). Estos autores observaron que el efecto de las quemas prescritas reduciendo la peligrosidad de incendios forestales solo es apreciable a corto plazo, y que, la peligrosidad se incrementaría a los tres años de haber realizado el tratamiento. La reducción de la velocidad de propagación fue mayor en desbroce y extracción, seguido de desbroce y trituración y quema prescrita. Por lo tanto, WFDS es sensible a la modificación de los combustibles, reflejando una variación en el comportamiento del fuego tres años después de los tratamientos preventivos.

Tabla 2. Características de los combustibles en función de los tratamientos

Tratamiento	Velocidad propagación (m min ⁻¹)	Ratio tratamiento/testigo
Testigo	36,5	-
Quema prescrita	21,2	0,61
Desbroce y extracción	19,0	0,52
Desbroce y trituración	21,4	0,59

Al representar la variación de la velocidad de propagación del fuego frente al tiempo transcurrido desde la ignición (Figura 2) se observó en los tres casos una reducción drástica en la velocidad de propagación una vez el fuego pasa de la zona sin tratar a la zona tratada, manteniéndose siempre en valores inferiores a los presentados en la zona testigo.

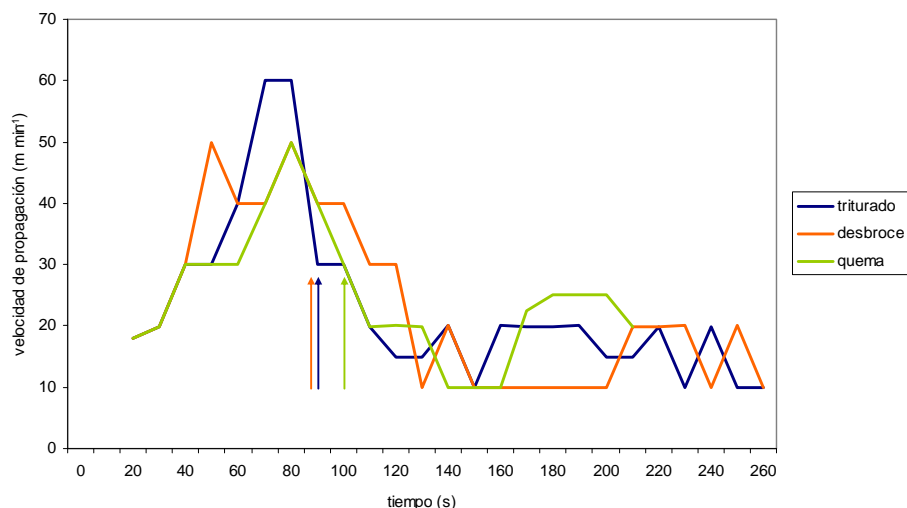


Figura 2. Velocidad de propagación del fuego a lo largo del tiempo en cada uno de los análisis numéricos realizados mediante WFDS. Las flechas indican el paso de la zona no tratada, a la zona tratada

La reducción de la peligrosidad de los incendios al pasar de la zona testigo a la tratada también se observó en los valores de temperatura del aire que se aprecia en los tres análisis realizados (Figura 3), mostrando un ambiente potencialmente más favorable para el personal de extinción ante un hipotético incendio de estas características.

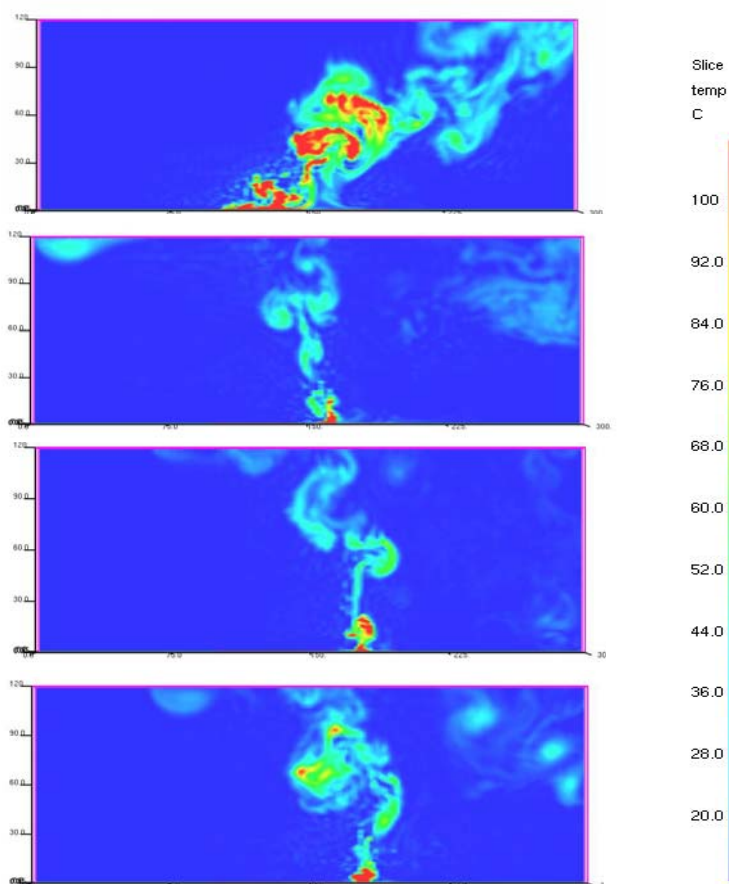


Figura 3. Valores de temperatura del aire en cada uno de los análisis numéricos realizados mediante WFDS. De arriba abajo: zona testigo, quema prescrita, desbroce y trituración, desbroce y extracción

Se observaron diferencias en los análisis numéricos con respecto a la carga consumida por el fuego (Figura 4). En la parte testigo, para los tres tratamientos, la carga consumida fue de $1,60 \text{ kg m}^{-2}$, mientras que en la zona tratada los valores fueron de $1,10 \text{ kg m}^{-2}$ (quema prescrita), $1,03 \text{ kg m}^{-2}$ (desbroce y extracción) y $0,84 \text{ kg m}^{-2}$ (desbroce y triturado). Se observa por tanto, una mayor consumición de la carga cuanto mayor fue la carga disponible para arder (véase Tabla 1).

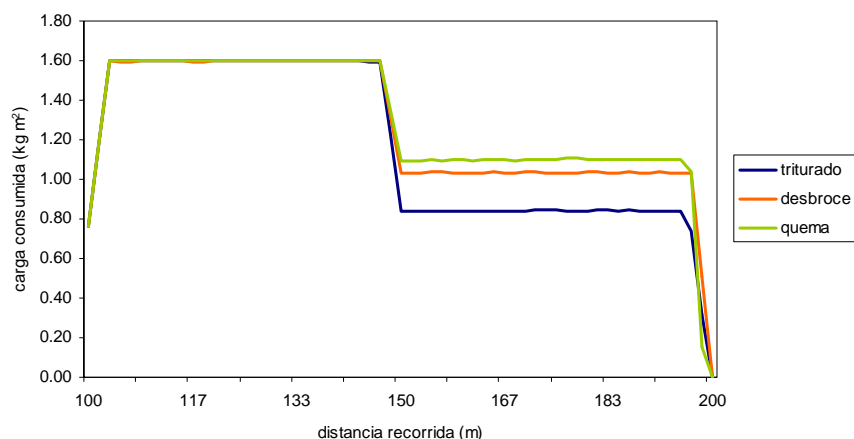


Figura 4. Cantidad de carga consumida por el fuego en función de la distancia recorrida por el mismo en cada uno de los análisis numéricos realizados mediante WFDS.

Por otro lado, la cantidad de energía liberada fue mucho mayor en la zona testigo (llegando a valores cercanos a los 154.000 kW) que en la tratada. En las áreas tratadas, fue la quema prescrita la que mostró un mayor valor de energía liberada, ya que fue el tratamiento que presentó una mayor carga consumida por el fuego. El tratamiento de quema prescrita fue seguido por los otros dos tratamientos, cuyos valores máximos no superaron los 27.000 kW (Figura 5). Estos valores reflejan que tres años después de los tratamientos, estos son eficientes a la hora de modificar el comportamiento de un hipotético incendio que pasa de una zona sin tratar a otra tratada, reduciendo en gran medida su intensidad, y facilitando por tanto la actuación del personal involucrado en las tareas de extinción del fuego.

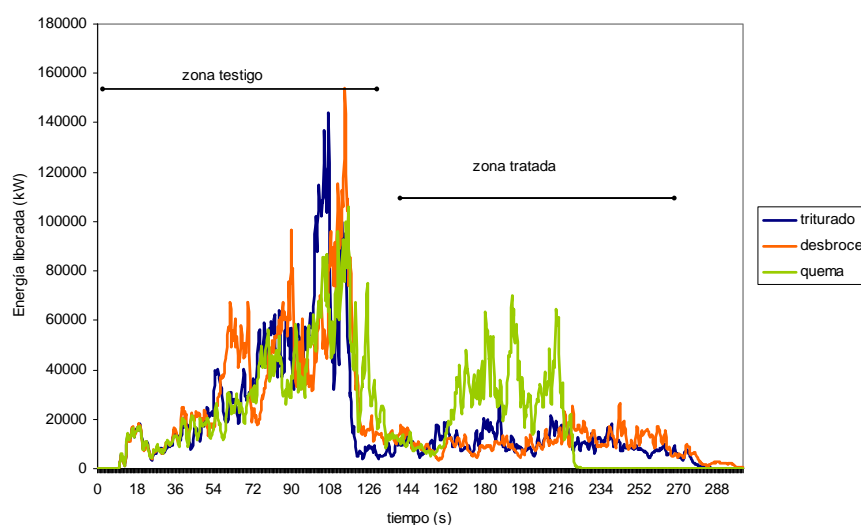


Figura 5. Cantidad de energía liberada a lo largo del tiempo en uno de los análisis numéricos realizados mediante WFDS.

5. Conclusiones

En este trabajo se observa mediante el modelo físico WFDS como los tratamientos preventivos son efectivos a la hora de reducir la gravedad del comportamiento del fuego tres años después de su ejecución. Sin embargo, no se apreciaron diferencias muy apreciables entre los tres diferentes métodos de modificar los combustibles utilizados (quema prescrita, desbroce y trituración, desbroce y extracción). Aparte de valores de velocidad e intensidad del fuego, este tipo de simulación física presenta como ventaja, con respecto a la modelización semi-empírica, el aporte de información valiosa sobre carga consumida, así como información de la interacción del fuego con la atmósfera circundante, pudiendo apreciarse la modificación del viento, así como los valores de temperatura de vientos en el espacio de la simulación.

6. Agradecimientos

Agradecemos a A. Arellano su gran trabajo en la selección de las áreas de estudio, instalación de parcelas y medición del combustible. Extendemos el agradecimiento a todos aquellos que ayudaron en el trabajo de campo, particularmente J.R. González, E. Pérez, J. Pardo, M. López, B. González y J. Gallego. Este trabajo fue financiado por el INIA mediante el proyecto RTA 2005-00244-C02-01.

7. Bibliografía

FERNANDES, P.A.M.; 2001. Fire spread prediction in shrubs fuels in Portugal. *For. Ecol. Manage.* 144: 67-74.

FINNEY, M.A.; MCHUGH, C.W.; GRENFELL, I.C.; 2005. Stand- and landscape-level effects of prescribed burning on two Arizona wildfires. *Can. J. For. Res.* 35: 1714-1722

MARINO, E.; GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; MADRIGAL, J.; DÍEZ, C.; 2011. Fire hazard after prescribed burning in a gorse shrubland: Implications for fuel management. *Journal of Environmental Management* 92: 1003-1011

MELL, W.; JENKINS, M.A.; GOULD, J.; CHENEY, P.; 2007. A physics-based approach to modelling grassland fires. *Int. J. Wildl. Fire*, 16: 1-22

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006. Los incendios forestales en España. Decenio 1996-2005. Madrid

SCHMIDT, D.A.; TAYLOR, A.H.; SKINNER, C.N.; 2008. The influence of fuels treatment and landscape arrangement on simulated fire behavior, Southern Cascade range, California. *For. Ecol. Manage.* 255: 3170-3184.

VEGA, J.A.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; CUIÑAS, P.; FONTÚRBEL, M.T.; FERNÁNDEZ, C.; 2001. Manual de queimas prescritas para matogueiras de Galicia. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.

VEGA, J.A.; FERNANDES, P.; CUIÑAS, P.; FONTÚRBEL, T.; PÉREZ, J.R., LOUREIRO, C.; 2006. Fire spread analysis of early summer field experiments in shrubland fuel types of north-western Iberia. En: *Proceedings of the Fourth International Conference on Forest Fire Research* (VIEGAS, D.X. ed), Figueira da Foz, Portugal.