

PATRONES ESPACIALES DE TEMPERATURAS EN EL TRONCO Y COPA DE *P. pinaster* DURANTE FUEGOS PRESCRITOS

J. A. Vega, P. Pérez-Gorostiaga, P. Cuiñas, M. Alonso, M. T. Fontúrbel, C. Fernández & M. J. Rozados

Departamento de Incendios Forestales y Protección Ambiental. Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente. Apdo.127. 36080. Pontevedra. España. Tel: 34-(9)86-856400; Fax: 34-(9)86-856420; e-mail: javega@inia.es javega@sfp.cifl.cesga.es

INTRODUCCIÓN

El fuego prescrito puede ser usado para conseguir numerosos objetivos en la gestión forestal. Entre ellos, el reducir la acumulación de combustible bajo masas arbóreas, con el fin de reducir riesgos de incendios.

Pero el fuego prescrito requiere la habilidad de seleccionar las condiciones ambientales para conseguir un comportamiento del fuego, dentro de ciertos rangos, minimizando el impacto sobre el arbolado.

Aunque el conocimiento de la transmisión del calor de las llamas de un fuego a la zona cambial en tronco de árbol quemado ha aumentado considerablemente, la información de la distribución de las temperaturas alrededor del tronco durante un incendio y un fuego prescrito sigue siendo notablemente escasa.

FAHNESTOCK & HARE (1964) midieron la distribución de temperaturas en diferentes posiciones en troncos de *P. palustris* en experimentos de fuego prescrito. HARE (1965) empleó una banda de mecha empapada en queroseno alrededor del tronco para simular el efecto de la llama. GILL (1974) analizó la interacción entre el diámetro del tronco, la velocidad del viento e intensidad del fuego en modelos a escala de laboratorio. VENTURA

et al. (1996) usaron también experiencias de laboratorio y HERNANDO et al. (1997) llevó a cabo pruebas en el túnel de viento simulando condiciones semi-naturales.

En este estudio se intentó conocer las pautas de tiempo-temperatura obtenidos en diferentes partes (corteza, cambium y copa) de árboles quemados con fuegos prescritos de diferente intensidad y bajo un rango de condiciones ambientales, determinándose el efectivo grado de protección que ofrece la corteza y evaluando la potencialidad del fuego prescrito para producir el chamuscado de la copa. También se comprobó la baja mortalidad del arbolado sometido a esta técnica.

Ya que posiblemente los daños producidos en el sistema radicular por calentamiento del suelo sean los de mayor gravedad para la supervivencia del arbolado y dado que el empleo del fuego prescrito debe de efectuarse siempre con condiciones de humedad suficientemente altas en las capas superficiales del suelo como para asegurar la ausencia de efectos nocivos de la quema sobre el mismo y consecuentemente sobre las raíces, se procedió al mojado de la capa de mantillo y del suelo mineral, con el fin de simular las condiciones idóneas de quema.

Tabla 1. Características de los árboles quemados

	n	media	st.d.	max	min
Altura total, m	31	10,6	2,4	15,5	5,8
Altura de la copa, m	31	6,7	2,4	10,8	2,1
Diámetro de la copa, m	31	3,8	1,6	7,8	1,2
Altura inicio de la copa, m	31	3,9	2,4	9,0	1,2
d.b.h., cm	31	23,9	7,7	39,6	9,2
Espesor de la corteza a 100cm, cm	31	2,1	0,7	3,3	0,7

El objetivo final es conocer las condiciones y características del fuego prescrito para ser empleado en masas adultas de *P. pinaster* e incluso en aquellas de menor edad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Dos tipos de experimentos fueron realizados en el Monte Coirego a 30 km de Pontevedra (NW) y sobre dos tipos de masas de *Pinus pinaster*, de edades medias de 17 y 19 años respectivamente, en dos zonas denominadas As Gallas y Campo da Poza.

En ambas masas las comunidades de plantas del sotobosque pertenecen a la asociación fitosociológica *Ulici europaei-Ericetum cinererae* (Izco, 1987), siendo una comunidad típicamente atlántica con algunas especies leguminosas.

Las características dasométricas del arbolado se muestran en la tabla 1.

En el primer caso, en la zona As Gallas, se seleccionaron 24 pequeñas parcelas (6 x 4 m); en cada una de ellas se eligió un árbol situado en el eje central a 4 m del borde por el que entraría el fuego. Todas las mediciones de temperaturas se efectuaron sobre este árbol central. Se instaló una franja de cebado delante de la parcela en la que se inició el fuego, con el fin de conseguir que este llegase a la parcela con las características de comportamiento deseadas.

El objetivo del diseño de esta parcela era el simular un fuego de corta carrera antes de llegar al árbol. Esto ocurre cuando se emplea

la técnica de quema por fajas en masas de *P. pinaster*.

En Campo da Poza se quemaron 12 parcelas de 9 x 6 o 11 x 6 m siguiendo el mismo esquema que en la anterior. En todas las parcelas se instaló una franja de combustible adyacente a la parcela, de 2-3 metros de largo por 2 metros de ancho y en ella se inició el fuego, mediante un quemador de antorcha, con el fin de permitir que el fuego al llegar al árbol hubiese desarrollado unas velocidades de propagación e intensidades más altas que las obtenidas en As Gallas.

Se emplearon combustibles previamente desecados en el laboratorio para conseguir intensidades moderadamente altas en días de muy bajo riesgo de incendio. Se emplearon tres tipos de combustible: aguja de pino (23 quemas) y tojo (*Ulex sp.*) (24 quemas), ambos recolectados en la misma zona y también paja de trigo (8 quemas). Justo antes de quemar se retiró la capa de hojarasca (L+F) y se efectuó un regado del suelo para evitar su calentamiento y los posibles daños a las raíces; esto perseguía simular las condiciones típicas de la ejecución del fuego prescrito en invierno, tras unos días de lluvia con el mantillo húmedo. A continuación, se instaló el combustible seco a diferentes densidades de carga pero siempre con una distribución lo más uniforme posible. Se pesó el combustible en el momento de su instalación y se tomaron 20 muestras al azar justo antes de quemar y una muestra compuesta de las anteriores fue desecada a 105°C durante 24 horas. Se consideraron tres categorías de combustible: muy fino (0 – 2,5

mm de diámetro), fino (2,5 – 6 mm) y grueso (6 – 24 mm).

Para medir la compacidad del combustible, se clavaron en el suelo verticalmente entre 20 y 40 clavos gruesos cuya cabeza se situó al mismo nivel que la capa de hojarasca; asimismo se tomaron 30 medidas de la altura del matorral. Después del fuego la altura descubierta de los clavos y la altura del matorral se midieron de nuevo para determinar la pérdida de cubierta de hojarasca y la reducción del matorral.

Monitorización de las temperaturas

Antes de colocarse el combustible en la parcela se dispusieron 28 termopares en cada uno de los árboles centrales en diferentes posiciones: a 0, 25, 50, 100 y 150 cm desde el suelo y en el lado de barlovento y de sotavento sobre la superficie de la corteza y en la misma posición en la zona cambial. Los termopares se fijaron sobre las placas de la corteza para asegurar un estrecho contacto con estas. Los termopares situados en la zona cambial se instalaron según la descripción de SACKETT & HAASE (1992).

Finalmente, se colocaron también termopares en la copa a 3, 4, 5 y 6 metros sobre el suelo en el lado de barlovento y sotavento para monitorizar las temperaturas alcanzadas en esta parte del árbol.

Se emplearon termopares del tipo K cromo/aluminio de un diámetro de 0,1 mm y en una funda inconel de 0,8 y 1 mm de diámetro. Se conectaron a varios Datalogers del tipo DL100 y se recogieron las temperaturas en intervalos de 1 segundo en los termopares situados en la corteza y en la copa y cada 5 segundos en los situados en la zona cambial.

Comportamiento del fuego y condiciones meteorológicas

Dos observadores determinaron la velocidad de propagación cronometrando el avance del fuego a través de la parcela (los dos primeros metros de la parcela fueron exclui-

dos). Se tomaron grabaciones en vídeo. El ángulo y la altura de la llama se estimaron ocularmente en el momento mediante jalones y marcas en los troncos de los árboles y posteriormente en el laboratorio se empleó un analizador de imágenes para estimar ambos parámetros.

Las condiciones meteorológicas se recogieron continuamente durante el desarrollo de la experiencia, en un punto cercano al inicio de la parcela.

La intensidad lineal del frente del fuego se estimó mediante la fórmula BYRAM (1959): $I = h w r$ donde h es el poder calorífico inferior del combustible, W es la carga consumida y r es la velocidad de propagación.

Las determinaciones del poder calorífico superior de las acículas de *P. pinaster* y del tojo (fracciones <6 mm) se realizaron previamente en el laboratorio y 1262 kJ/kg fueron restados para conocer el poder calorífico inferior de estos combustibles. Para las acículas de pino el valor fue de 20499 kJ/kg y 19086 kJ/kg para el tojo. Para la paja se empleó el valor de 13740 kJ/kg (VALETTE, 1995).

El contenido de humedad fue muy alto durante todas las quemas y no hubo rescoldos. Así, la consunción de las partículas <6 mm en el frente del fuego se estimó mediante la diferencia de la carga antes y después del fuego.

La altura del chamuscado del tronco se midió en las caras de barlovento y de sotavento. Entre 12 y 15 días después del fuego se midió la altura del chamuscado de la copa mediante una pértiga calibrada.

Diseño estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas para evaluar la influencia de dos factores: la cara del tronco (barlovento y sotavento) y altura desde el suelo, sobre las temperaturas medias máximas y sobre la duración de las temperaturas alcanzadas en la superficie del tronco, la zona cambial y la copa.

Tabla 2. Carga de combustible antes de la quema

	n	media	st.d.	max	min
Carga total, m	31	1,7	0,4	2,7	0,9
Reducción del combustible, kg.m ⁻²	31	1,3	0,3	2,3	0,6
Densidad aparente del matorral, kg.m ⁻³	22	0,01	0,01	0,04	0,00
Densidad aparente de la hojarasca, kg.m ⁻³	31	0,27	0,11	0,46	0,09

Tabla 3. Condiciones meteorológicas y contenido de humedad del combustible

	n	media	st.d.	max	min
Humedad relativa del aire, %	31	66,3	15,5	90,0	40,0
Temperatura del aire, °C	31	14,7	3,9	26,0	9,0
Velocidad del viento, m.s ⁻¹	31	1,2	1,5	5,4	0,0
Contenido de humedad de la corteza, %	31	25,6	3,4	33,3	18,8
Contenido de humedad del matorral, %	24	22,0	5,6	36,4	13,4
Contenido de humedad de la hojarasca, %	23	10,6	2,8	15,7	5,4

El factor altura tuvo cuatro niveles en el caso de la superficie de la corteza y zona cambial (0, 25, 50 y 100 cm sobre la superficie del suelo) y otros cuatro niveles para la copa (3, 4, 5 y 6 metros).

RESULTADOS

Datos del combustible

La carga media de combustible antes del fuego (Tabla 2) estaba dentro del rango habitual para combustibles finos (<6 mm) en la hojarasca y estrato arbustivo que se encuentra en las masas fustales de *P. pinaster* en Galicia (VEGA et al., 1985; VEGA et al., 1987; VEGA et al., 1994).

La consunción de la hojarasca (como un porcentaje de la carga antes del fuego) fue similar a la encontrada en los experimentos de combustión en el túnel de viento con acículas de *P. pinaster* para un contenido de humedad exactamente igual (VEGA et al., 1993).

La reducción de la carga de matorral fue más alta (80 %) que el típico rango (55-70%) encontrado en otros experimentos de

fuego prescrito (VEGA et al., 1994) de acuerdo con el contenido de humedad más bajo que el habitual.

Comportamiento del fuego y condiciones meteorológicas

Las variables meteorológicas presentaron un amplio rango durante el desarrollo de las quemaduras (Tabla 3). En algunos casos, la velocidad del viento fue más alta que los valores aceptables para las quemaduras prescritas. Los parámetros de comportamiento del fuego variaron en un amplio intervalo (Tabla 4) y la intensidad lineal alcanzó valores considerablemente más altos que los que normalmente se registran en los fuegos prescritos. De hecho el 40 % de los experimentos se realizaron con intensidades mayores 400 kw.m⁻¹, el máximo valor tolerable comúnmente adoptado para las quemaduras prescritas.

Signos externos del fuego sobre el árbol y supervivencia

La Tabla 5 muestra los valores medios de

Tabla 4. Comportamiento del fuego durante los experimentos

	n	media	st.d.	max	min
Velocidad de propagación, m.min ⁻¹	31	3,0	4,9	24,0	0,9
Intensidad lineal, Kw.m ⁻¹	31	1124	1461	5443	92
Longitud de llama, m	31	1,5	0,9	3,7	0,5
Ángulo de llama, °	31	70	15	90	30

Tabla 5. Chamuscado en troncos y copas

* Tronco	media	max	min
Altura de chamuscado en barlovento, m	0,98	2	0,1
Altura de chamuscado en sotavento, m	1,2	3,6	0,2
* Tronco	media	max	min
Altura de chamuscado, m	5,5	8,8	2,3
Porcentaje de altura de copa chamuscada	27,5	83,8	0
Porcentaje de árboles con la copa chamuscada	61,3		

la altura del chamuscado en el tronco y en la copa. Como se esperaba, la altura del chamuscado en el tronco fue mayor en el lado de sotavento que en el de barlovento. En la mayor parte de los árboles la consunción de la corteza es muy leve.

Ya que la altura media del inicio de la copa es de 3,9 metros, un porcentaje apreciable de su longitud, 27,5% , fue chamuscada. De hecho, el 61,3% de los árboles sufrieron alguna defoliación parcial como consecuencia del chamuscado producido por el fuego. No se detectó ninguna mortalidad en los dos años siguientes al fuego prescrito.

Temperaturas máximas alcanzadas y duración de las temperaturas

Los fuegos prescritos, dentro del rango de intensidades estudiadas, causaron una considerable elevación de las temperaturas (Tabla 6) en la superficie de la corteza. De hecho, la temperatura de llama (alrededor de los 300°C) se registró en el lado de barlovento sobre el tronco hasta 1,0 m de altura y en el lado de sotavento hasta una

altura de 1,5 m. Esto coincide totalmente con las medidas de la altura del chamuscado en el tronco (Tabla 5).

Las medias de las temperaturas máximas decrecen con la altura en ambos lados del tronco, pero se detecta un comportamiento diferente cuando se comparan ambos lados del tronco (fig. 1). Mientras que las máximas temperaturas en el lado de barlovento se registran a 0 y 25 cm sobre el suelo (superficie de la hojarasca), siendo muy similar en ambas alturas, en sotavento, estas máximas más altas se registraron a 25 y 50 cm y también son muy semejantes entre sí.

Al nivel del suelo las temperaturas máximas alcanzadas en barlovento son significativamente más altas que en sotavento. Lo contrario ocurre a 25, 50 y 100 cm sobre el suelo, donde las temperaturas máximas se alcanzaron en el lado de sotavento (fig. 1).

FAHNESTOCK & HARE (1964) efectuaron fuegos experimentales en masas de *Pinus palustris*, con hojarasca como principal combustible y midieron temperaturas en el lado de sotavento a 0, 30, 60 y 90 cm de altu-

Tabla 6. Temperaturas máximas alcanzadas en el tronco y copa durante las quemas

	n	altura, cm	media, °C	st.e., °C	n	altura, cm	media, °C	st.e., °C	n	altura, cm	media, °C	st.e., °C
Barlovento	23	0	20,9	1,4	17	0	560,4	34,1	20	300	125,7	14,7
	23	25	25	1,8	17	25	543,4	48,5	20	400	107,6	12,5
	23	50	26,1	2,5	17	50	439,4	50,5	20	500	79,4	9,9
	23	100	20,6	1,1	17	100	294,6	50,4	20	600	67	7,4
	16	150	22	2,2	16	150	227,8	33,1				
Sotavento	23	0	21	1,3	17	0	413,6	44,4	20	300	127,8	18,6
	23	25	28,6	1,5	17	25	662,9	31,9	20	400	100,2	16,9
	23	50	25,4	1,2	17	50	608,3	56,8	20	500	80	10,1
	23	100	24,1	1,3	17	100	447	63,4	20	600	69	7,1
	16	150	20,9	1,1	16	150	395,1	58,2				

ra, de 666°C, 767°C, 714°C y 700°C respectivamente sobre la corteza del tronco. Estos valores son mucho más altos que los registrados en nuestro estudio, pero la carga de combustible empleada por ellos fue también mucho mayor, alrededor de un 46 % más.

HERNANDO *et al* (1997) encontraron valores medios de las temperaturas máximas más bajos en sus estudios en el túnel de viento con trozas de tronco de *Pinus pinaster* y acículas simulando la porción basal de los troncos. A pesar de que las condiciones experimentales fueron a menudo idénticas en ambos experimentos, la consunción del combustible, la longitud de la llama, la intensidad lineal y la altura del chamuscado del tronco fueron menores en el túnel que en el campo y parcialmente explican aquellos resultados.

Una temperatura significativamente más alta en el lado de sotavento que en el de barlovento fue descrita por FAHNESTOCK & HARE (1964), TUNSTALL *et al* (1976) y HERNANDO *et al* (1997). Estos autores y GILL (1974) encontraron algunas de las principales variables que afectan a esta distribución irregular del calentamiento del tronco y recientemente GUTSELL & JOHNSON (1996) han dado una detallada explicación a este fenómeno.

Las relativamente bajas temperaturas

encontradas en sotavento a 0 cm de altura confirman los resultados obtenidos por FAHNESTOCK & HARE (1964), TUNSTALL *et al* (1976), GILL (1974) y HERNANDO *et al* (1997).

El tiempo en que las temperaturas superaron los 300°C sobre la superficie de la corteza presenta un patrón similar al de las temperaturas máximas (fig. 1) y fueron significativamente diferentes entre los lados de barlovento y sotavento a 25, 50 cm de altura pero no a 0 y 100 cm. El efecto de menor temperatura a 0 cm en sotavento no se notó en los tiempos de permanencia de las temperaturas.

La diferencia de tamaño de la muestra a 150 cm excluye estos datos de las otras alturas al ser tratados con ANOVA, sin embargo sus valores medios confirman la tendencia encontrada en la otras alturas.

Las temperaturas medias máximas alcanzadas en la zona cambial fueron sorprendentemente más bajas de las esperadas y no se encontraron diferencias significativas entre los lados de barlovento y sotavento. Sin embargo se observa una variación de las temperaturas con la altura que es prácticamente irrelevante dado los bajos valores registrados. Estos valores son del mismo orden de los encontrados por HERNANDO *et al* (1997) en los experiencia del túnel de viento aunque un poco más bajos.

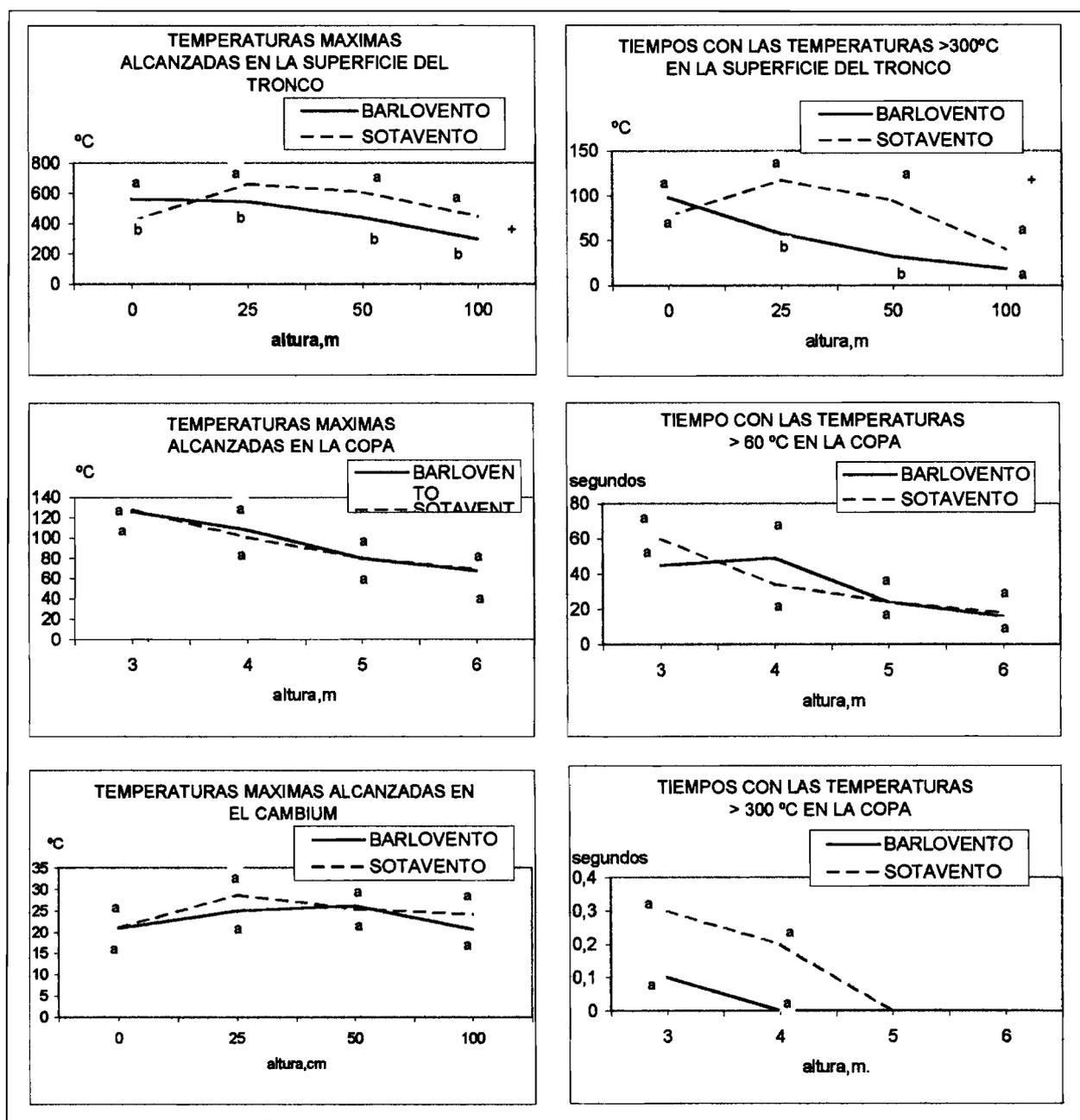


Fig. 1. Distribución de temperaturas máximas, duración de la llama y temperaturas letales en el tronco y copa: durante un fuego prescrito. Letras diferentes muestran diferencias significativas a cada altura.

Finalmente, las temperaturas registradas en la copa de los árboles muestran un claro decrecimiento (fig.1) desde los 3 a los 6 metros, como se esperaba, con un gradiente similar al encontrado por WEBER *et al* (1995) y las diferencias entre barlovento y sotavento no fueron significativas. Temperaturas más altas de 60°C se alcanzaron a todas las alturas en la copa pero el tiempo necesario para

resultar letal (>60 segundos) solo se obtuvo en los niveles más bajos. Aun así pulsos de calor con temperaturas superiores a los 300°C se midieron a 3 metros de altura en barlovento y a 4 metros en sotavento y posiblemente a más altura y por su corta duración no pudieron ser registrados, esto podría ser la causa del chamuscado de las copas hasta la altura medida de 5,5 metros.

CONCLUSIONES

El lado de sotavento de la porción basal del tronco (1,5 m) sufrió un calentamiento significativamente más intenso que en el de barlovento, confirmando previos hallazgos de otros autores. Las temperaturas máximas y los tiempos de duración de las temperaturas superiores a 300°C, fueron significativamente más altos a 25, 50 y 100 cm de altura sobre el suelo y probablemente también sean significativos a 150 cm en este mismo sentido. Por el contrario, al nivel del suelo, las temperaturas máximas a barlovento fueron más altas que a sotavento.

Aunque las temperaturas máximas registradas en la superficie de la corteza fueron considerablemente elevadas, su duración media fue breve. Esto junto con el efecto aislante de la corteza evitó que se alcanzaran temperaturas letales en la zona cambial. El efecto observado de temperaturas mayores registradas en el lado de barlovento con respecto a sotavento no ocurre en el cambium, pero en este existe un claro patrón de variación de las temperaturas con los valores máximos registrados a 25 y 50 cm de altura sobre el suelo. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre las caras de barlovento y sotavento.

La corteza muestra una alta capacidad de protección del cambium, incluso en árboles con diámetros pequeños (9 cm diámetro normal). Nuestros datos indican que aunque los daños en el tronco por un excesivo calentamiento durante un fuego prescrito son posibles, la probabilidad de que ocurra este tipo de lesiones es baja, siempre que no exista un alto acumulo de combustibles alrededor del tronco.

La ausencia de mortalidad dos años después de la quema prescrita parece indicar una apreciable resistencia a la defoliación parcial de la copa por el fuego siempre que no se produzcan daños en el tronco simultáneamente.

Estos resultados sugieren que la quema prescrita puede ser usada en masas jóvenes de *P. pinaster* siempre a condición de que se evite el calentamiento de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- BYRAM, G. M. 1959. *Combustion of forest fuels*. Pp. 61-89. En: *Forest Fire Control and Use*, K. P. Davis. (ed.). McGraw-Hill Book Company. New York.
- FAHNESTOCK, G. R. & HARE, R. C. 1964. Heating of tree trunks in surface fires. *J. For.* 62: 799-805.
- GILL, A. M. 1974. Toward an understanding of fire-scar formation: field observation and laboratory simulation. *For. Sci.* 20 (3): 198-205.
- GUTSELL, S. L.; JOHNSON, E. A. 1996. How fire scars are formed: coupling a disturbance process to its ecological effect. *Can. J. For. Res.* 26: 166-174.
- HARE, R. C. 1965. Bark surface and cambium temperatures in simulated forest fires. *J. For.* 63:437-440.
- HERNANDO, C.; GUIJARRO, M. & DIEZ, C. 1997. Thermal regimen at *P. pinaster* trunks. *International Journal of Wildland Fire* (in press).
- IZCO, J. 1987. *Vegetación de Galicia*. In: *La vegetación de España*. Peinado, M. & Rivas, S. (ed). Universidad de Alcalá. ISBN: 84-600-5146-3.
- SACKETT, S. S.; HAASE, S. M. 1992. *Measuring soil and tree temperatures during prescribed fires with thermocouples probes*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-131. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 15 p.
- TUNSTALL, B. R.; WALKER, J.; GILL, A. M. 1976. Temperature distribution around synthetic trees during grass fires. *For. Sci.* 22 (3): 269-276.
- VALETTE, J. C. 1995. *La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres*. Contrat EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1 Juin 1994- au 31 Mai 1995. Document PIF9518.
- VEGA, J.A., BARÁ, S. & GIL, M.C. 1985. *Algunos efectos a corto plazo del fuego prescrito en pinares de Galicia*. Estudios sobre

prevención y efectos ecológicos de incendios forestales. Monografía. ICONA. 1985. MAPA: 103-145

VEGA, J. A.; BARÁ, S.; ALONSO, M.; FONTÚRBEL, M.T. & GARCÍA, P. 1987. Preliminary results of a study on short term effects of prescribed fire in pine stands in N. W. Spain. *Ecología Mediterránea*, Tomo XII (4): 177-188.

VEGA, J. A.; CUIÑAS, P.; BARÁ, S.; FONTÚRBEL, M. T; SANTOS, J. A.; ROZADOS, M.J.; ALONSO, M.; BELOSO, M.C.; CALVO, E. 1993. *Forest fire prevention through prescribed burning: experimental study on fire effects on litter and soil*. Final report. CE/STEP-CT90-0087. 268 pp.

VEGA, J. A.; VALETTE, J.C.; REGO, F.C.; HERNANDO, C.; GILLON, D.; VENTURA, J.P.; BARÁ, S.; GOMENDY, V.; BOTELHO, H.;

GUIJARRO, M.; HAUSSARD, C.; RUAS, L.S.; CUIÑAS, P.; MARECHAL, J.; MENDES-LOPES, J.M.C.; DIEZ, R.; FERNANDES, P.; FONTÚRBEL, M. T; SANTOS, J. A.; ROZADOS, M.J.; ALONSO, M.; BELOSO, M.C. 1994. *Forest fire prevention through prescribed burning: an international cooperative project carried out in the european STEP program*. Proc. 2nd Int.Conf. Forest Fire Research vol 1. pp 75-84.

VENTURA, J.; MENDES LOPES, J.; RIPADO, L. 1996. *Interaction between a moving surface fire and a tree trunk*. Workshop on Fire Ecology and the European Biota. Toledo 1-3 July 1996. Environment and Climate Programme. European Commission.

WEBER, R. O.; GILL, A. M.; LYONS, P. R. A.; MERCER, G. N. 1995. *Time dependence of temperature above wildlands fires*. CALMScience Supplement 4: 17:22.