Cuadernos de la S.E.C.F. N.º 9, junio 2000, pp. 189-198 «I Reunión Grupo de Incendios Forestales»

PLANIFICAR LA PRESCRIPCIÓN PARA REDUCIR COMBUSTIBLES Y DISMINUIR EL IMPACTO SOBRE EL SUELO EN LAS QUEMAS PRESCRITAS

J. A. Vega, P. Cuiñas, M. T. Fontúrbel & C. Fernández

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

La quema prescrita constituye una herramienta de utilidad en el control de la bio y necromasa vegetal que constituye el combustible de los incendios forestales de verano. La planificación del uso del fuego considera como un objetivo prioritario la cuantificación de la reducción de combustibles (eg. BEAUFAIT, 1966; MOBLEY et *al.*, 1978; VAN WAGTENDONK, 1972; NORUM, 1977; MARTIN y DELL, 1978; FICHER, 1978; KILGORE & CURTIS, 1987; ANDREWS & BRADSHAW, 1990).

Los matorrales, tanto en lugares desprovistos de arbolado como bajo cubierta de éste, son las principales formaciones vegetales afectadas por los incendios en Galicia. Sus acumulaciones mayores se presentan en áreas rasas en donde estas leñosas crecen sin competencia de los árboles por la luz, nutrientes y el agua. Con frecuencia los incendios más intensos tienen lugar en zonas de este tipo, al verse sometidas a una acción del viento de forma más marcada que cuando crecen como sotobosque de masas forestales. Por otro lado, estos complejos de combustible presentan habitualmente una fuerte carga con preponderancia de partículas de diámetro menor de 6 mm (grupo I). No son raros valores superiores a 25 ó 30 t/ha en disposiciones con una densidad aparente relativamente pequeña. El problema se agrava porque muchas veces se trata de formaciones senescentes con una considerable proporción de su biomasa seca.

Bajo arbolado la carga de matorral suele ser menor (VEGA et *al.*, 1985; VEGA et *al.*, 1987), aunque se incrementa la proporción de partes secas. En este caso se añade al complejo otro estrato formado por combustibles muertos caídos. En conjunto, la carga total de combustible en zonas arboladas suele ser superior al de las áreas rasas aunque la acción del viento se mitigue en relación a las superficies desarboladas.

En lo que sigue se presentan algunos resultados de investigaciones llevadas a cabo sobre la quema prescrita con el objetivo de servir de ayuda a la hora de estimar la reducción de combustible esperada con este tratamiento. Con ello la planificación de la prescripción y la ejecución de la quema pueden refinarse disminuyéndose el impacto negativo de la misma tanto en las propiedades edáficas como en la masa de nutrientes de la hojarasca y mantillo.

Se han distinguido dos tipos de situaciones: matorrales de zonas desarboladas en Galicia y combustibles del sotobosque de

***Tabla 1**. Características principales de los complejos de combustible estudiados en zonas de matorral*

	Altura ponderada por porcentaje de cobertura lineal, cm		**Porcentaje de cobertura lineal**		**Carga de combustible, t/ha**	
Tipo	**Media**	**Rango**	**Media**	**Rango**	**Media**	**Rango**
Brezal bajo (n = 18)	45	25-61	99,1	93-100	15	6,5-26,1
Carqueixal (n = 17)	108	78-144	94,7	84-100	23,8	14,9-36,2
Tojal (n = 31)	92	50-218	98	69-100	20,5	11,8-35,2

masas de *P. pinaster* en Galicia y Sierra Bermeja (Málaga, Andalucía).

PRINCIPALES RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formaciones de matorral

Objetivos de las quemas

Los tratamientos con fuego prescrito en estas comunidades vegetales persiguen disminuir la cantidad de combustible fino y su continuidad horizontal y vertical, pero **esta reducción no debe ser total**; la propia combustión genera una pérdida de nutrientes por volatilización y si bien se mineraliza otra parte de ellos, haciéndolos más disponibles para las plantas, la eliminación de la cubierta vegetal puede propiciar la erosión y la pérdida de esos nutrientes por escorrentía.

Pretendemos por tanto, crear zonas de reducción de combustible que **interrumpan** la continuidad en grandes áreas de matorral, induzcan el rebrote de nuevos vástagos, favorezcan temporalmente las herbáceas y faciliten la asimilación de nutrientes creando microhábitas mejores para la vida silvestre y en cierto modo para el ganado extensivo.

Con ello reducimos además el impacto negativo de incendios de alta intensidad de verano que favorecerían notablemente esos procesos no deseados.

La operación a ejecutar no es tampoco una típica quema pastoral, realizada normalmente a finales de verano, ó en momentos de gran sequedad atmosférica, de los combustibles y edáfica, puesto que este objetivo tiene un coste ambiental elevado.

En resumen, nuestro punto de mira está en la reducción de la carga de matorral "**en manchas**" desde un 50-70% de la carga inicial lo que conlleva eliminar la mayor parte de los componentes finos del combustible en pie, dificultar la propagación del fuego y crear un **mosaico** de diversidad dentro de zonas muy homogéneas, monótonas, coetáneas y poco acogedoras como alimento y hábitat animal.

Características de los combustibles y condiciones ambientales durante las quemas

Algunas de las principales características de tres de los complejos de combustible más típicos de áreas de matorral de Galicia estudiados se muestran en la tabla 1. Básicamente son brezales mixtos bajos formados por mezcla de ericáceas y leguminosas, carqueixales dominados por *Chamaespartium tridentatum* y tojales de *Ulex minor* y *U. europaeus* como especies principales.

Un total de 67 fuegos se ejecutaron en los meses de enero, marzo y junio bajo situaciones atmosféricas muy variadas. La tabla 2 resume las principales variables meteorológicas durante las experiencias y la humedad del combustible. La conjunción de condicio-

Tabla 2. *Condiciones ambientales durante las quemas en matorrales*

	Temperatura del aire, °C	**Humedad relativa del aire, %**	**Velocidad del viento (a 6m), m.s^{-1}**	**Nº de días desde la última lluvia apreciable**	**Pendiente, %**
Media	16,7	59,9	2	8	25
Rango	8,3-25,3	36-90	0,22-8,90	2-20	0-38

	Humedad del combustible, %			
	Partes secas (hs)	**Partes vivas (hv)**	**Media ponderada (hs, hv)**	**Hojarasca**
Media	15,2	100	79,7	81,6
Rango	3,3-26,5	69,8-171,0	55,7-144,2	5,9-210,5

nes meteorológicas diferentes en distintas épocas del año se reflejaron en un amplio rango de la humedad de las partes secas de la vegetación y el contenido de agua de las porciones vivas de matorral, permitiendo analizar la influencia de esas variables. La humedad de la hojarasca varió también dentro de un margen considerable.

La elección del momento para la quema es decisiva para el éxito de la misma. Si los combustibles están demasiado húmedos el fuego no progresará, repercutiendo económicamente en la operación y no se logrará el objetivo previsto. Si, por el contrario, están muy secos la intensidad será excesiva y podremos tener un impacto ambiental negativo. Por ello, es necesario tener presente que:

La quema controlada en formaciones de matorral es la resultante de un compromiso entre varios objetivos cuya optimización es difícil efectuar simultáneamente

A la vista de la experiencia acumulada, parece que existe un amplio margen para la ejecución de la quema bajo temperatura (*T*) y humedad relativa (*Hr*) muy diferente, aunque días de humedad relativa excesivamente alta tienden a dar humedades de la vegetación elevados, ralentizando la combustión. Esto último puede en algunos casos ser positivo, si existen grandes acumulaciones de combustible, como p. e. ocurre con frecuencia en los tojales. Es preferible disponer al menos de una pequeña brisa para la realización de la quema; con ello mejoramos el rendimiento de la operación y ayudamos a la propagación en casos de humedad alta. Esto es particularmente necesario en el caso de carqueixales altos, bastante tupidos.

Las condiciones meteorológicas al medio día en los meses de invierno, con *Hr* más bajas y *T* más altas favorecen la desecación de las partes muertas del combustible, haciendo su humedad (*hs*) menor. También propician el reforzamiento de brisas de ladera, en los días de poco viento, ayudando a la conducción del fuego; vientos en torno a 5-8 km.h^{-1} son los mejores siendo desaconsejables velocidades mayores de 15 o 20 km.h^{-1} porque provocan generalmente la formación de pavesas y columnas de convección muy tendidas que pueden propagar esas partículas incandescentes delante del frente, en una zona sin buena visibilidad y ocasionalmente originan focos secundarios.

Usualmente se precisa esperar entre dos y cinco días después de un período de lluvia para comenzar a quemar dependiendo de la duración de las horas de sol en los días siguientes a la lluvia y del viento. En Galicia eso corresponde típicamente con un período de vientos de componente NE-E o bien calmas.

Tabla 3. *Comportamiento del fuego en matorrales*

	Velocidad de propagación, m.min^{-1}	**Intensidad lineal, Kw.m^{-1}**	**Longitud de llama, m**
Media	3,7	1850	3,85
Rango	0,3-16,1	60-6905	0,87-8,10

Finalmente, la Tabla 3 resume las tres variables principales de comportamiento del fuego durante la realización de las quemas citadas.

Reducción del combustible leñoso del estrato de matorral

En general, se ha encontrado que las reducciones de combustible en los complejos estudiados fueron moderadamente altas, especialmente en las partículas finas, de diámetro entre 0 y 6 mm (grupo I) oscilando entre 5 y 28 t/ha.

En las figuras 1 y 2 se muestran las reducciones expresadas como porcentajes de la carga inicial del combustible fino en las quemas. Se aprecia que la humedad del combustible seco, *hs*, es un factor que explica una gran parte del fenómeno, aunque no todo.

En el caso de los tojales (fig. 1) se manifiestan claramente respuestas diferentes en función de la época del año y de la técnica de ignición empleada.

Las quemas en contra (curva superior), realizadas con humedad de hojarasca, *hh*, bastante baja en invierno, dan reducciones de combustible notablemente altas, entre el 85% y 95%, respondiendo con un decrecimiento ligero de la reducción cuando aumenta el contenido de agua del combustible seco en pie. No obstante, la muestra que se tiene por ahora es todavía muy reducida para poder considerar esta tendencia como general.

La curva intermedia corresponde a quemas ejecutadas a finales del invierno, con la vegetación en reposo vegetativo; son fuegos llevados a cabo con humedad de las partes verdes, *hv*, relativamente baja (96-113 %). El porcentaje de consunción es bastante elevado, en torno al 80% y parece independiente de la humedad de la hojarasca (20,7-210,5 %) y del tipo de quema siendo su variación en función de *hs* bastante pequeña.

Las quemas de primavera tardía (Mayo, Junio) tienen un comportamiento distinto; su porcentaje de reducción es menor (curva inferior; fig. 1), y reaccionan con un brusco descenso de esta variable cuando *hs* aumenta

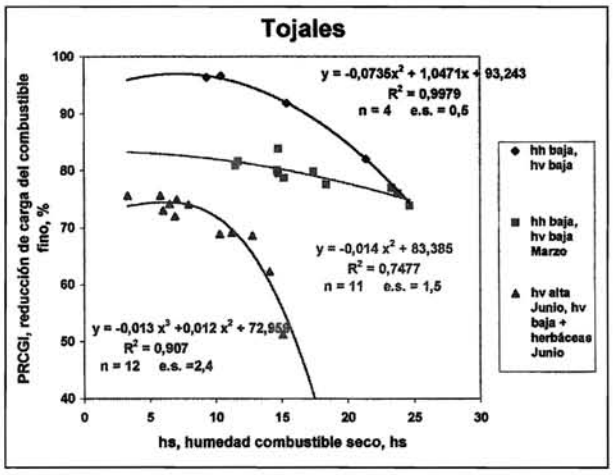

Fig. 1. Porcentaje de reducción de la carga de combustible fino con diámetro < 6 mm (grupo I), PRCGI, en función de la humedad del combustible seco, hs

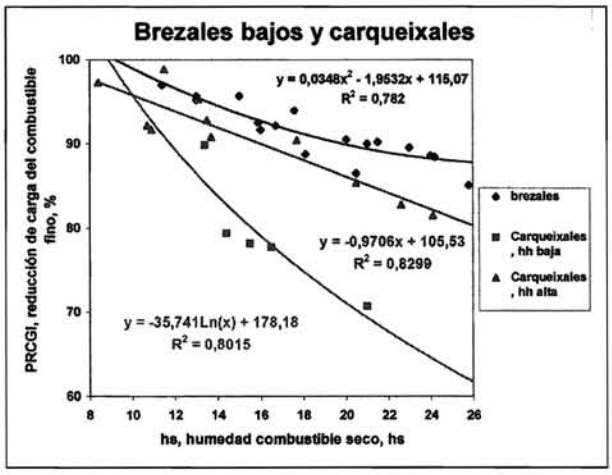

Fig. 2. Porcentaje de reducción de la carga de combustible fino con diámetro < 6 mm (grupo I), PRCGI, en función de la humedad del combustible seco, hs

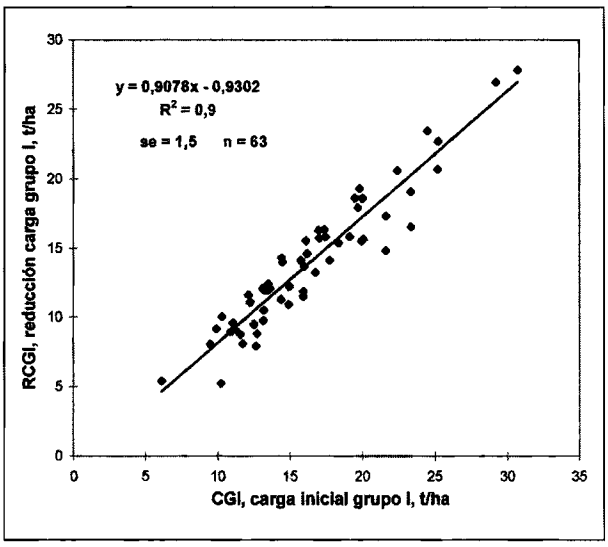

Fig. 3. Reducción de carga del combustible fino (RCGI) en función de la carga inicial (CGI)

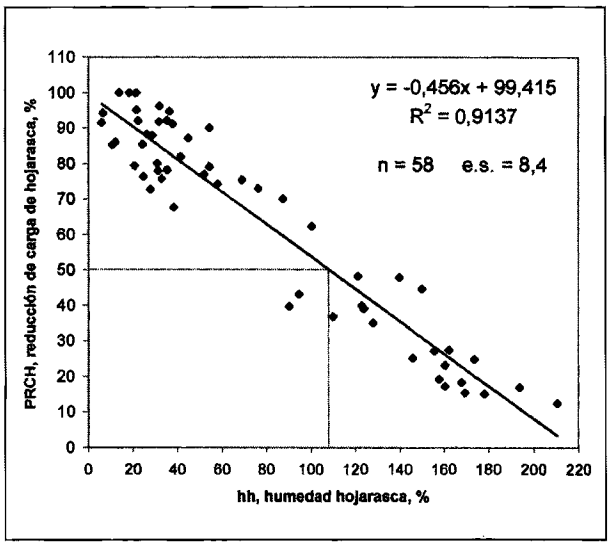

Fig. 4. Porcentaje de reducción de la carga de hojarasca, PRCH, en diversas formaiones de matorrales en Galicia, en función de su humedad, hh

ligeramente. La explicación a esta rápida respuesta parece estar en el elevado contenido de agua del combustible vivo, típicamente bastante más alto que en Marzo (147-166 %).

Es interesante consignar que la presencia de hierba verde, en Marzo, o cantidades relativamente bajas de zarza, entremezclada con el tojo puede tener un efecto totalmente semejante al que produce un contenido de agua de la vegetación viva más alta en primavera.

Lo anterior nos indica que:

La quema de primavera avanzada en el tojal permite "modular" la consunción de forma más fina que la efectuada durante el reposo vegetativo aunque también son de esperar una eficacia más limitada de esa operación y posibles impactos negativos sobre las poblaciones animales en época de cría

En el caso de carqueixales (fig.2), cuyas quemas fueron realizadas entre Enero y Marzo, con *hv* relativamente baja, la mayoría de las reducciones de combustible fueron elevadas (superiores al 80%). Esto fue más marcado en los fuegos de brezal de Tomiño en donde *hv* osciló entre el 69% y 106,9%. En conjunto en estas quemas el rango de variación de *hs* fue algo limitado, entre 8 y 26,5%, y está por ver la respuesta con valores mayores.

Lo mismo ocurrió en los experimentos de quema en carqueixa (Covelo), llevados a cabo en los meses de invierno; *hv* osciló entre 96 y 113% y el rango de variación de *hs* fue similar al de Tomiño. La reducción de combustible en la carqueixa parece mostrar una mayor influencia de *hh* que en el caso del brezal mixto pudiendo diferenciarse las quemas ejecutadas con hh alta por su más baja reducción de combustible. La mayor talla y compacidad de esta formación limita la entrada de aire en la zona de combustión y el aporte de calor generado por la hojarasca al arder se hace preciso para asegurar la ignición del combustible aéreo.

Por otro lado, considerando el conjunto de todas las quemas (fig. 3), la reducción de la carga de combustible fino para todos los sitios muestra una estrecha relación con la carga inicial.

Desde un punto de vista práctico podemos decir:

1º) En los tojales, las reducciones son, en conjunto bastante elevadas (>75%) y dependen en gran medida de la propia carga y continuidad inicial del combusti-

ble. Una excepción a esto se presenta cuando el matorral está muy verde (primavera avanzada), en cuyo caso la consunción de combustible está influenciada por el contenido de agua de las partes secas.

2º) En los brezales mixtos las quemas de invierno reducen considerablemente la carga inicial (≥ 80%), sin que se aprecie una influencia muy marcada de las partes secas del matorral. Lo mismo ocurre en la carqueixa, siempre que la humedad de la hojarasca no sea alta.

Reducción del estrato de hojarasca del suelo

Junto a la disminución de la carga de combustible aéreo, el fuego produce una consunción de la hojarasca del suelo. Sabemos que esa reducción debe limitarse ya que este estrato de restos vegetales juega un papel importante en la protección del suelo, reciclado de nutrientes, etc. La ecuación de la fig. 4 muestra una relación entre el porcentaje de reducción de la hojarasca y su contenido de agua, *hh*, obtenido en las quemas controladas llevadas a cabo en las áreas de matorral estudiadas. Puede observarse que ***si queremos no destruir más del 50% de la hojarasca presente es preciso quemar con una humedad de la misma superior al 100%.*** La presencia de cantidades pequeñas de hierba verde hace descender bruscamente el porcentaje de área de zonas no ardidas, dando lugar a un mosaico de consunción y es un buen elemento de control de esa reducción, especialmente en tojales.

Quema prescrita bajo arbolado

Las cargas de los estratos del complejo de combustible (tabla 4) nos indican que el humus bruto (estrato Oa o H o porción inferior del mantillo) representaba una considerable proporción de la fitomasa bajo *P. pinaster* tanto en los pinares gallegos como Andalucía. De los combustibles disponibles (diámetro < 6mm), la hojarasca era el estrato dominante en ambos sitios. La estructura de los combustibles en los pinares gallegos es similar a la encontrada por Vega et al. (1985); Vega et al. (1993) en otras localizaciones de Galicia. En conjunto, los pinares andaluces se asemejan al modelo 9 (ANDERSON, 1982; BURGAN y ROTHERMEL, 1984) del USDA Forest Service; mientras que en los gallegos se tenían situaciones más próximas al modelo 7 y en algunos casos (helechales) al 5 de esa clasificación.

La humedad de los combustibles durante las quemas prescritas, realizadas con la técnica de fuego a favor del viento y/o pendiente, y las variables de comportamiento del fuego, han sido descritas con más detalle en VEGA et *al.* (1998).

Predicción del combustible consumido durante la quema

El conocimiento de la cantidad de combustible consumido durante la quema en los diferentes estratos y componentes del complejo, tiene especial relevancia práctica. Por un lado, la reducción de ciertos componentes, como la hojarasca y el matorral constituye el objetivo prioritario de las quemas con finalidad preventiva, al actuar sobre los combustibles finos, los más influyentes en la iniciación y propagación del fuego.

Por otro, la cubierta muerta constituye una reserva temporal de nutrientes fácilmente descomponibles, jugando un papel esencial en el reciclado de los mismos y en la nutrición mineral del arbolado. Es también el hábitat de una meso y microfauna, de la flora micorrícica y de la microflora, todos ellos desempeñando funciones primordiales en el ecosistema y, particularmente, en la descomposición de la materia orgánica y en la absorción de nutrientes. Además, realiza una función protectora del suelo frente a la erosión. Esto significa que debe ejercerse un adecuado control en su nivel de consunción por el fuego.

Se han encontrado diferentes ecuaciones de predicción de combustible consumido con las que se pueden determinar las reduc-

Tabla 4. *Cargas (g/m²) de distintos estratos y componentes del complejo de combustible en pinares de* P. pinaster *de Galicia y Andalucía estudiados*

Sitio y tratamiento		Hojarasca fresca+meteorizada (L+F u Oi+Oe)	Humus (H u Oa)	Matorral y herbáceas sotobosque	Restos leñosos caídos	Combustible total
Galicia	Media	1045	2015	959	733	4019
(n = 16)	Rango	596-1048	1103-2700	523-1499	480-1082	2593-5043
Sierra Bermeja	Media	719	956	528	488	2203
(n = 18)	Rango	364-1101	73-2383	105-1415	100-1238	662-4296

ciones esperables de hojarasca, del humus bruto, de ambos conjuntamente y de la vegetación, en función de variables fácilmente medibles, como son la humedad de estos materiales, su carga inicial, su espesor, etc (tabla 5).

Las variables que mejor explican las reducciones de los combustibles son el espesor, el contenido de humedad o la carga de los combustibles inicial.

Estas ecuaciones ponen de manifiesto las variables más influyentes en la consunción de los distintos tipos de combustible y ayudan a predecir la eficacia de las quemas. Por otro lado, pueden servir a los planificadores y ejecutores de las quemas para elegir las mejores condiciones de realización y por tanto a minimizar la pérdida de nutrientes de la cubierta orgánica y el impacto sobre el suelo.

Tabla 5. *Ecuaciones de predicción de la consunción por quema prescrita de diversos tipos de combustible en el sotobosque de* P. pinaster

Ecuación	**n**	**r^2 ajustado**	**e.s.**	
RLF = -162,95+166,68 **ELF**+2657,42(1/**hLF**)	34	0,81	97,9	(1)
PLF = 6,43+0,88 **PELFH**+0,02 **G3R**	31	0,98	3,9	(2)
PLFH = -6,08+0,68 **PELFH**+4,93 $e^{(2,8-0,04\ \mathbf{hLFH})}$	31	0,97	5,0	(3)
PH = -17,57+1337,07(1/**hLF**)	34	0,74	14,1	(4)
ln (**RG1V**) = -0,15+0,96 ln (**G1V**)	30	0,97	0,2	(5)
ln (**RG12V**) = -0,005+0,89 ln (**G12V**)	30	0,94	0,3	(6)

RLF = reducción carga hojarasca fresca y meteorizada, g/m²
PLF = % reducción carga hojarasca fresca y meteorizada
PLFH = % reducción carga hojarasca y humus bruto
PH = % reducción carga humus bruto
ELF = espesor de la hojarasca fresca y meteorizada, mm
hLF = % humedad de la hojarasca fresca y meteorizada
PELFH = % reducción espesor de la cubierta de hojarasca y humus bruto
hLFH = % humedad de la cubierta de hojarasca y humus bruto
RG1V = reducción carga vegetación del sotobosque de diámetro <6 mm (G1), g/m²
G1V = carga inicial G1 de vegetación del sotobosque, g/m²
RG12V = reducción carga de vegetación del sotobosque de diámetro <25 mm (G12), g/m²
G12V = carga inicial G12 de vegetación del sotobosque, g/m²
G3R = carga inicial de restos leñosos gruesos de diámetro >75 mm, g/m²

La reducción de la hojarasca fresca y meteorizada (RLF) parece gobernada por su espesor inicial y contenido de agua. La primera de esas variables podría indicar la influencia de la densidad aparente en la combustión. Un mayor espesor significaría un nivel de aireación más elevado del combustible lo que podría facilitar el contacto con el oxígeno y mejorar el rendimiento de la combustión. La ralentización de ésta, debido a un mayor contenido de agua y el consiguiente gasto de energía en evaporarla, parece también quedar reflejado en la ecuación 1.

La estrecha relación entre el porcentaje de reducción de la carga de hojarasca y su espesor se recoge en la ecuación 2, aunque también parece colaborar en el primero de esos porcentajes la reducción de los restos leñosos gruesos.

El porcentaje de reducción de hojarasca y humus aparentemente estuvo influenciado por el espesor y contenido de humedad de este estrato.

Resulta algo sorprendente que el porcentaje de reducción del humus bruto sea gobernado por la humedad del estrato inmediato superior y no por la suya propia. El carácter discontinuo y algo errático de la consunción de este estrato puede haber influido en ello.

Otros autores han encontrado también ecuaciones empíricas para determinar las reducciones de diversos tipos de combustibles. Entre ellos cabe destacar a VAN WAGNER (1972), NORUM (1976), SANDBERG (1980), LITTLE et al. (1986), BROWN et *al.* (1985), BROWN et *al.* (1991), HARRINGTON (1987), REINHART et *al.* (1991), OTTMAR (1993). La mayor parte de estas ecuaciones determinan la reducción del espesor del mantillo (F+H u Oe +Oa) o de la totalidad de la cubierta orgánica (L+F+H u Oi+Oe+Oa) pero no la variación de la carga. Por el contrario, nuestro estudio ha enfatizado en la evaluación de la disminución de la carga puesto que la densidad aparente de la cubierta muerta no es homogénea, aumentando con la profundidad desde la superficie de la hojarasca fresca hasta el suelo. Por otro lado, la evaluación del impacto sobre la masa de nutrientes totales de la cubierta muerta exige un conocimiento de la cantidad de materia orgánica consumida por la quema y no tanto del espesor.

Los modelos de predicción de comportamiento (ROTHERMEL, 1972; BURGAN y ROTHERMEL, 1984; ANDREWS y CHASE, 1989) requieren información sobre la carga de combustible. Si la carga de combustible inicial se conoce las ecuaciones presentadas, al estimar la carga de combustible remanente, pueden ayudar a evaluar los efectos de la quema prescrita en términos de reducción de peligro de incendios, permitiendo simular el comportamiento del fuego en los sitios tratados.

CONCLUSIONES

Se han presentado datos sobre la distribución de bio y necromasa de los combustibles tanto de matorrales, en áreas rasas, como en el sotobosque de pinares de *P. pinaster* en el NO y S de España. Aunque el objetivo de la quema es la reducción de los combustibles finos mas superficiales para disminuir el peligro de incendio, es preciso mantener esa reducción en unos límites prefijados por la prescripción con objeto de controlar el impacto negativo de esa operación. Los resultados de las investigaciones efectuadas permiten conocer las variables más influyentes en ese proceso de consunción, tanto de combustibles del estrato de matorral como los de la hojarasca y mantillo en formaciones desarboladas de estas leñosas en Galicia. También se han encontrado ecuaciones que determinan la reducción de la cubierta muerta y del matorral bajo pinares de *P. pinaster* en Galicia y Andalucía. Las ecuaciones desde el punto de vista de reducción de impacto ambiental y de reducción del peligro de incendios son comentadas.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, P. L.; BRADSHAW, L. S. 1990. *RXWINDOW: defining windows of accepta-*

ble burning conditions based on desired fire behaviour. Gen. Tech. Rep. INT-273. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 54 pp.

ANDERSON, H. E. 1982. *Aids to determining fuel models for estimating fire behaviour*. Gen. Tech. Rep. INT-122. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 22 pp.

ANDREWS, P. L.; CHASE, C.H. 1989. *BEHAVE: fire behaviour prediction and fuel modeling system-BURN subsystem, Part 2*. Gen. Tech. Rep. INT-260. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 93 pp.

BEAUFAIT, W. R. 1966. *Prescribed fire planning in the Intermountain*. Wet. Res. Paper. INT-26. USDA, Forest Service. Int. For. and Range Exp. Sta. 27 pp.

BROWN, J. K.; MARSDEN, M.A.; RYAN, K C.; REINHARDT, E. D. 1985. *Predicting duff and woody fuel consumed by prescribed fire in the northern Rocky Mountains*. Res. Pap. INT-337. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 23 pp.

BROWN, J. K.; REINHARDT, E. D.; FISCHER, W. C. 1991. Predicting duff and woody fuel consumption northern Idaho prescribed fires. *Forest Science*, 37(6): 1550-1566.

BURGAN, R.E.; ROTHERMEL, R.C. 1984. BEHAVE: Fire behaviour prediction and fuel modeling system - FUEL subsystem. General Technical Report, Intermountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, No. INT-167, 126 pp.

FICHER, W. C. 1978. *Planning and evaluating prescribed fires. A standard procedure*. USDA. For. Serv. Gen. Techn. Rep. INT-43. 19 pp.

HARRINGTON, M.G. 1987. *Predicting reduction of natural fuels by prescribed burning under ponderosa pine in southeastern Arizona*. Res. Note RM-472. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 4 pp.

KILGORE, B.M.; CURTIS, G.A. 1987. *Guide to understory burning in ponderosa pine-larch-fir forests in the Intermountain West*. General Technical Report, Intermountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, No. INT-233, 39 pp.

LITTLE, S.N.; OTTMAR, R.D.; OHMANN, J.L. 1986. *Predicting duff consumption from prescribed burns on conifer clearcuts in western Oregon and western Washington*. Res. Pap. PNW-362. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 29 pp.

MARTIN, R. E.; DELL, J. A. 1978. *Planning for prescribed burning in the Inland Northwest*. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-76. 67 pp.

MOBLEY, H.E.; JACKSON, R.S.; BALMER, W.E.; RUZISKA, W.E.; HOUGH, W.A. 1978. *A guide for prescribed fire in southern forests*. 40 pp.

NORUM, R. A. 1976. *Fire intensity-fuel reduction relationships associated with understory burning in larch/Douglas-fir stands*. Proceedings: Tall Timbers Proceedings 14: 559-572.

NORUM, R. A. 1977. *Preliminary guidelines for prescribed burning under standing timber in Western Larch/Douglas Fir forests*. USDA. Forest Serv. Res. Note, INT-229. 15 pp.

OTTMAR, R. D.; BURES, M. F.; HALL, J. N.; HANSON, A D. 1993. *CONSUME user's guide*. Gen. Tech. Rep. PNW-304. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 118 pp.

REINHARDT, E.D.; BROWN, J. K; FISCHER, W. C.; GRAHAM, R.T. 1991. *Woody fuel and duff consumption by prescribed fire in northern Idaho mixed conifer logging slash*. Res. Pap. INT443. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 22 pp.

ROTHERMEL, R. C. 1972. *A mathematical model for predicting fire-spread in wildland fuels*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper INT-115. Intermountain forest and range experiment station. Ogden, Utah. 40 pp.

SANDBERG, D.V. 1980. *Duff reduction by prescribed underburning in Douglas-fir. Res.* Pap. PNW-272. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 18 pp.

VAN WAGNER, C. E. 1972. Duff consumption by fire in eastern pine stands. *Canadian Journal of Forest Research*. 2: 34-39.

VAN WAGTENDONK, J. W. 1972. Refined burning prescriptions for Yosemite National Park. *Serv. Occ.* Pap. núm. 2. 21 pp.

VEGA, J.A. 1985. *Datos preliminares sobre comportamiento del fuego prescrito para la reducción de combustible bajo pinares en Galicia*. Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de incendios forestales. Monografía. ICONA. MAPA: 51-59.

VEGA, J.A., BARÁ, S. Y GIL, M.C. 1985. *Algunos efectos a corto plazo del fuego prescrito en pinares de Galicia*. Prevención y efectos ecológicos de incendios forestales. Monografía. ICONA. MAPA: 103-145.

VEGA, J. A., BARÁ, S., ALONSO, M., FONTÚRBEL, T. Y GARCÍA, P. 1987. Preliminary results of a study on short term effects of prescribed fire in pine stands in NW of Spain. *Ecología Mediterránea*, 13: 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.; LANSBERG, J.; BARÁ, S.; PAYSEN, T.; FONTÚRBEL, M. T.; ALONSO, M. 1998. *Efectos del fuego prescrito bajo arbolado de* P. pinaster *en suelos forestales de Galicia y Andalucía*. En: Taller sobre empleo de quemas prescritas para prevención de incendios forestales. S.E.C.F. Lourizán. 10-13 Nov. 15 pp.