Cuadernos de la S.E.C.F., N.º 9, junio 2000, pp. 265-279 «I Reunión Grupo de Incendios Forestales»

PLANES DE QUEMAS CONTROLADAS

Domingo Molina

Universidad de Lleida. España

RESUMEN

En este artículo, se enumeran y explican los puntos que deben ser considerados al redactar el plan de una quema prescrita. A su vez, se dan ejemplos cuantitativos provenientes de quemas reales para que pueda servir de orientación. En este esquema combino las directrices de FISCHER (1978), MARTIN & DELL (1978), GREEN (1981) & BISWELL (1989) con mi experiencia personal. También esquematiza los trabajos a realizar durante la quema, desde la ignición a la liquidación; e incluye una descripción de la vegetación y de sus especies, de la pendiente y de la exposición, así como el propósito de la quema. También, se debe preparar una estimación de impacto ambiental. Por último, debe contener mapas, estimación de costes, objetivos, descripción del área, y también, un seguimiento del grado de cumplimiento de los objetivos.

INTRODUCCIÓN

Fuego prescrito es la aplicación de fuego a la vegetación forestal bajo condiciones tales de meteorología, combustibles y topografía (condiciones prescritas) que podamos lograr uno o más objetivos del plan de gestión. La quema es una herramienta que requiere tener un claro objetivo, experiencia en su uso y habilidad en la ejecución. Exige unos profundos conocimientos de meteorología, combustibles forestales y comportamiento del fuego; así como familiaridad con la fisiografía de la unidad a quemar. Hay que añadir como requerimiento un suficiente conocimiento de la piroecología de las especies presentes. Si todos estos aspectos son debidamente atendidos, creo que muchos forestales podrían hacer un uso provechoso de las quemas prescritas.

La Ley 4/89 de conservación de espacios naturales y de la flora y la fauna silvestre tiene su origen en el mandato del artículo 45 de la Constitución Española (CE), que tras reconocer el derecho de todos a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de las personas, exige a los poderes públicos velar por la utilización racional de todos los recursos naturales. La Ley 4/89 tiene como elementos inspiradores los principios contenidos en el documento "Estrategia Mundial para la Conservación", elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), estos son:

- Mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y sistemas vitales básicos
- Preservación de la diversidad genética
- Utilización ordenada de los recursos, garantizando un aprovechamiento sostenido de especies y ecosistemas, su restauración y mejora

Dado que la legislación española obliga (en concreto, la ley 4/89) a gestionar para el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la reintroducción del fuego en nuestros ecosistemas parece necesaria. Esto es, no debemos limitarnos como gestores a tratar de suprimir todo fuego que se produzca. Antes

al contrario, deberíamos valorar qué efectos va a producir previsiblemente cada uno y decidir entonces si apagarlo o si dejarlo actuar, como proceso ecológico esencial que es en muchas ocasiones.

La quema prescrita ha de ser:

1. ecológicamente beneficiosa o al menos aceptable.

2. eficaz (esto es, que cumple los objetivos).

3. económica frente a otras herramientas (esto es, eficiente).

4. socialmente aceptable (tanto para la ciudadanía como para los gestores forestales).

Denominamos incendio forestal a aquel fuego que no cumple los objetivos que los Servicios Forestales persiguen (y que la sociedad demanda) y, por tanto, debe ser extinguido. En nuestra legislación, incendio forestal se llama al fuego que se extiende (propaga) sin control sobre el terreno forestal afectando a vegetación que no estaba destinada a arder Por el contrario, una quema prescrita se encamina hacia el logro de los objetivos de los servicios forestales sin amenazar ni vidas humanas, ni propiedades, ni recursos. Un fuego prescrito que ha sido encendido intencionadamente lo denominamos quema prescrita o ignición planeada. Un fuego prescrito originado por un rayo al que se le permite arder sin extinguirlo, lo denominamos, quema natural prescrita. Se le permitirá arder sólo si no se propaga a ciertas áreas, ni amenaza vidas humanas, ni propiedades, ni se vuelve muy intenso. Estas restricciones están especificadas en el Plan de Manejo de Fuegos Forestales en términos de la literatura anglosajona o Plan de Defensa contra Incendios Forestales (menos específico, quizá, pero más acorde con nuestra literatura forestal). Para la unidad que va a ser quemada se escribe una prescripción particular: Prescripción de Quema. Un Plan de Defensa contra Incendios Forestales lo aprueba el servicio forestal correspondiente. Similarmente, la Prescripción de una Quema la autoriza un técnico de la administración forestal que será el encargado de la supervisión de la quema. Ahora bien, el redactor del plan de quema prescrita en terreno forestal, no ha de ser necesariamente un técnico de la Administración, pero sí un técnico forestal con formación y experiencia en quemas prescritas.

Podemos hablar de plan general de quemas para una comarca forestal o plan particular para una superficie concreta a quemar. El plan particular o prescripción deberá cumplir con lo reseñado en el plan general. Lo veremos más adelante.

En este artículo, combino las directrices de FISCHER (1978), MARTIN & DELL (1978), GREEN (1981) & BISWELL (1989) y experiencia personal.

PLANIFICACIÓN DE LA QUEMA

Se requiere una adecuada planificación por un doble motivo: 1) asegurar que toda la información pertinente de un área es estudiada y evaluada antes de iniciar la quema y 2) asegurar que todas las quemas se conducen ordenadamente y con destreza (BISWELL, 1989). Deben existir dos niveles de planificación: 1) plan general y 2) plan de quema. El plan general de quemas cubre toda una unidad de gestión (por ejemplo un parque natural, un grupo de montes gestionados conjuntamente, un monte). Por el contrario, un plan de quema atañe a una quema individual o a un grupo de quemas en una subzona de la unidad de gestión del plan general. Tanto los planes generales como los de quema deben ser redactados por técnicos forestales con formación y experiencia en quemas.

Para la redacción del plan general, se necesita un suficiente conocimiento de la piroecología de las especies presentes. Estos aspectos de ecología referentes al fuego se detallan en otros capítulos y se resumen a continuación. Resumen de los factores que condicionan los daños térmicos en las plantas: enfriamiento de las hojas por transpiración, enfriamiento del cambium por el flujo de savia (transpiración), dispersión del calor

(radiación del vegetal caliente), enfriamiento por mezclas de masas de aire (convección), transferencia de calor a las raíces (conducción), yemas resistentes, hojas protectoras de las yemas, etc. A su vez, la acción del fuego, influye directa o indirectamente en la competencia por el nicho de regeneración y por el crecimiento.

Planificación de las quemas por igniciones autorizadas por los servicios forestales (QIA)

En la planificación de una quema prescrita han de estar previstos todos los pasos o acciones siguientes:

1. descripción y evaluación del emplazamiento

2. redacción de los objetivos de la quema (cuantitativos)

3. prescripción detallada para la ejecución de la quema (combustibles, meteorología, estrategias de ignición)

4. preparación del emplazamiento para poder realizar la quema de acuerdo con el punto anterior

5. obtención de permisos e información a la ciudadanía

6. logística y seguridad en el trabajo (ejecución de la quema)

7. documentación de la quema (antes, durante y después)

8. justo antes de empezar a quemar:

   a. comprobación de las condiciones. ¿Se cumple el punto 3 (prescripción detallada) en cuanto a condiciones ambientales?

   b. orientación a cada cuadrilla. Explicar cómo se va a quemar, asignar misión clara, en qué lugar

   c. quema de prueba. ¿Se cumple el punto 3 (prescripción detallada) en cuanto a comportamiento del fuego?

9. seguimiento de los efectos de la quema (cumplimiento de objetivos, efectos en las distintas especies vegetales o animales, en el suelo, ...)

   a. ¿se cumple el punto 2?

   b. ¿qué efectos del fuego prescrito tenemos en las distintas especies vegetales?

   c. ¿qué efectos del fuego prescrito tenemos en las distintas especies animales?

   d. ¿qué efectos del fuego prescrito tenemos en el suelo?

10. refinamiento de la prescripción. El análisis crítico del punto 9 nos debe ayudar a refinar el punto 3 (prescripción detallada) para poder cumplir el 2 (objetivos) más eficazmente en el futuro

Creo conveniente mostrar varios ejemplos aclaratorios del punto 2. redacción de los objetivos de la quema. Quiero con ellos mostrar explícitamente como deben ser redactados los objetivos (que denominaré buenos) y como no (los que denominaré pobres o malos).

Son ejemplos de objetivos pobres:

a. ver que hará el fuego en ese rodal

b. probar el fuego como herramienta de gestión

c. reducir la carga de combustible

Son ejemplos de objetivos buenos o cuantitativos:

a. reducir en un 90% los combustibles de 1 y 10-horas y en un 50% los de 100-h y mayores

b. reducir los combustibles de 1 y 10-horas a 7 t/ha

c. que el 90% del monte sea accesible al ganado o fauna

d. matar al 90% de los pies ø < 5cm y matar menos del 20% de los de ø > 10cm.

Volvamos al punto 2: Objetivos o "Efecto en la vegetación o combustibles". Si por ejemplo queremos que el 90% del monte sea accesible al ganado o fauna, nos surge la pregunta: ¿Cómo logramos el objetivo (en términos de comportamiento del fuego)?. La respuesta habrá de concretar: qué valores

específicos de: longitud de llama, velocidad de propagación, ... Más aún, ¿en qué condiciones podemos conseguir ese comportamiento del fuego?. Hablaremos entonces de características meteorológicas y de contenido de humedad de los combustibles forestales que son, ambas, variables en el tiempo y de otros condicionantes que son conocidos y fijos (no variables) como son pendiente, exposición, altura arbolado, altura hasta copas.

Planificación de las quemas por igniciones naturales (QIN)

En general nos referimos a igniciones planificadas, pero en ocasiones serán igniciones no planificadas. Una ignición no planificada (de origen distinto a las actividades humanas) será *quema natural prescrita* o QIN cuando esté dentro de unas condiciones predefinidas por los servicios forestales de tal modo que ese incendio no será atacado aunque sí observado de cerca. Mientras siga dentro de las condiciones en las que le está permitido arder, no lo extinguiremos. Permitiremos que arda cuando pueda detenerse dentro de los rodales en los que nuestro Plan de Quemas Naturales Prescritas dé el visto bueno, y siempre que contribuya al logro de los objetivos del Plan de Integral de Incendios Forestales. Así, arden numerosas hectáreas en USA, Canadá, Australia y Nueva Zelanda donde el fuego ha sido reintroducido en muchos Parques Nacionales y otros tipos de Espacios Protegidos.

Salvo las características propias del distinto origen, la planificación las quemas por igniciones naturales (QIN) sigue los mismos pasos ya señalados. Las tres tablas siguientes nos dan una muestra de la importancia que estas QIN han adquirido en USA. Véase, en

Tabla 1.- *Clases de tamaños de quemas por igniciones naturales (QIN) en Yosemite National Park (1972-93)*

Clase de tamaño (ha)	Número de fuegos	% de fuegos en cada clase de tamaño	% de área quemada en cada clase de tamaño
0-0.9	289	62.55	0.04
0.1-3.9	79	17.10	0.43
4-39	31	6.71	2.50
40-119	23	4.48	7.24
120-399	22	4.76	18.52
400-1999	18	3.91	71.27

Tabla 2.- *Quemas por igniciones naturales (QIN) en Yosemite N. P. (1972-93) por tipo de vegetación y cálculo del intervalo de retorno*

Tipo de vegetación	Área (ha)	Área quemada (ha)	% cada año	intervalo de retorno (años)
Pinus ponderosa	2545	503	0.09	106
Abies concolor / mixto de coníferas y *Quercus*	20291	8615	2.02	49
Abies magnifica	32828	4234	0.06	163
Pinus jeffreyi	20095	2668	0.06	158
Pinus contorta	63664	2306	0.02	579
Pinus albicaulis	26091	26	0	21073

Tabla 3.- *Superficie recorrida por incendio forestal y por quema prescrita. Decenio 1984-93, USA*

Agencia	**Área (ha) gestionada**	**Superficie recorrida por incendio (ha)**	**Superficie quemada prescritamente (ha)**	**prescrita /incendio (%)**
Servicio Forestal	$77x10^6$	216800	123650	57
BLM - servicio de gestión de otros montes	$109x10^6$	355000	27656	8
Servicio de Parques Nacionales	$32x10^6$	88830	26900	30
Servicio de Fauna y Pesca	$37x10^6$	118931	57500	48

la Tabla 2, que el 2% de la superficie del tipo de vegetación del *Abies concolor* es autorizada a ser recorrida por igniciones naturales en Yosemite. Nótese, en la tabla 3, que por cada dos hectáreas recorridas por incendio una es recorrida por quema natural prescrita (Servicios Forestales y Servicios de Fauna y Pesca. En definitiva, se está aceptando que el fuego tiene que cumplir su papel ecológico en una de cada tres hectáreas afectadas.

Los requerimientos para poder implementar un plan de QIN son:

1. tener aprobado un plan de QIN

2. tener todavía presupuesto para continuar monitorizando las QIN

3. tener un técnico disponible especializado en el seguimiento de las QIN

El proceso para denominar a un fuego forestal QIN y no incendio forestal (tal y como se hace en USA) es el siguiente:

1. Se contestan a una serie de preguntas, relativas al fuego, que están en el plan de QIN (¿es su causa distinta del rayo?; ¿amenaza vidas o propiedades?; ...)

2. Si todas las respuestas son negativas, el gestor lo denomina QIN

3. Si al menos una es afirmativa, el gestor procederá a informar favorablemente (si así lo estima) a su supervisor una vez obtenida conformidad del responsable de extinción. Esto es, que acepta el riesgo de piroescape: no lo considera excesivo y entiende que el gestor forestal valora positivamente el efecto que el fuego causará en esos rodales. Entonces el supervisor (correspondiendo aquí al jefe provincial del servicio forestal), puede decidir denominarlo QIN.

PRESCRIPCIÓN DE LA QUEMA

La Prescripción de Quema define el rango aceptable de temperatura, humedad relativa, humedades de los combustibles y dirección y velocidad del viento para alcanzar el objetivo deseado. También esquematiza los trabajos a realizar durante la quema, desde la ignición a la liquidación; e incluye una descripción de la vegetación y de sus especies, de la pendiente y de la exposición, así como el propósito de la quema. También, se debe preparar una estimación de impacto ambiental. Por último, debe contener mapas, estimación de costes, objetivos, descripción del área, y también, un seguimiento del grado de cumplimiento de los objetivos.

La definición de la ventana de condiciones aceptables de quema en función del comportamiento deseado del fuego se puede hacer: a) mediante juicio experto (experiencia) o b) mediante simulación más juicio experto (experiencia)

Podemos hablar de sólo cuatro puntos si nos ceñimos a los aspectos puramente técnicos de la quema.

1. ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO (QUEMA)

2. ESTRATEGIA EN LA QUEMA
3. EVALUACIÓN PREVIA A LA QUEMA
4. EVALUACIÓN DURANTE Y TRAS LA QUEMA

Estos cuatro puntos constituyen la prescripción de la quema en un sentido amplio. El primero es la prescripción en sentido estricto. El segundo es la conducción de esta y se desarrolla más adelante. El tercero es requisito para poder ejecutar la quema según lo especificado en el punto primero. Por último, el cuarto, es la documentación necesaria durante y después de la quema; a partir de la que se puede estudiar la quema y refinar futuras prescripciones.

1. Especificaciones del tratamiento (quema)

a. Identificación de los combustibles que conducirán el fuego; los más comunes serán:

(1) pinocha (o acículas caídas de pináceas)

(2) hierba seca

(3) hojas de frondosas sobre el suelo

(4) ramillas vivas y muertas de matorral en pie

(5) restos de corta

b. Se desea conseguir como resultados (cuantitativos):

(1) mm o porcentaje de mantillo a consumir: p. ej. 40-50% de la pinocha o 80-100% si deseamos favorecer la regeneración de ciertas especies

(2) cantidad o porcentaje de combustibles a reducir (por clases de tamaños)

(3) porcentaje de suelo mineral a dejar al descubierto (favorecer la regeneración)

(4) biomasa de *Ulex sp.* a consumir: 50-70%

(5) biomasa de *Ulex sp.* a no consumir: 30-50%

c. Para conseguir esos efectos necesitamos un cierto comportamiento del fuego:

(1) velocidad de propagación, R lenta (15-25 cm/min) o rápida, (especificando el rango aceptable; p. ej. 0,6-1 m/min)

(2) tiempo de residencia (especificando el rango aceptable): p. ej. 20-30 segundos si R es rápida y 1-2 minutos si R es lenta

(3) intensidad lineal de fuego (especificando el rango aceptable): p. ej. <70 kW/m

(4) longitud de llama: p. ej. 50-70 cm. La longitud de llama es un estimador insesgado de la intensidad lineal de llama con lo cual fijar el punto 3 o el 4 es equivalente.

(5) combinación de longitud de llama y velocidad del viento (especialmente si quemamos bajo arbolado). Cuanto mayor sea la velocidad del viento más tumbada estará la llama. Un valor de longitud de llama (sea el fijado en el punto anterior) puede conseguirse con más o menos viento (variando inversamente el contenido de humedad del combustible). En quema bajo arbolado, conviene que esa longitud fijada en la prescripción se vea acompañada de un viento suficiente que tumbe algo las llamas. Así, el recorrido (espacio) hasta las copas de la corriente convectiva y el tiempo para recorrerlo será mayor, con lo que el aire llegará más frío a las copas.

d. Condiciones ambientales requeridas para nuestra quema (son las que permitirán ese comportamiento que a su vez origina el efecto buscado)

(1) humedad de los combustibles: p. ej. 12 (+/- 5)% de contenido de humedad de la pinocha

(2) humedad del mantillo: p. ej. 60-110%

(3) humedad del suelo: p. ej. 30-40%

(4) humedad relativa de la atmósfera: p. ej. 40-45%

(5) velocidad y dirección del viento: p. ej. 2-8 km/hora y ladera abajo

(6) condiciones fisiológicas de la vegetación (durmiente, pastos agostados, matorral en floración)

(7) temperatura: p. ej. 10-17°C

otros ejemplos:

(1) se requiere que la quema se realice en invierno o principio de primavera, después de considerable precipitación, pero tras unos pocos días de tiempo seco para que los combustibles finos y la porción superior del mantillo puedan arder.

(2) humedad de los combustibles finos (dead stick): 5 -10 %

(3) humedad de los combustibles vivos leñosos (ramillas): 60 - 75 %

Respecto a la velocidad y dirección del viento (que es un factor sumamente importante), estas siguen unas pautas habituales a lo largo del día. Hacia las 9,30 solares desciende la ladera suavemente, y luego comienza a ir ladera arriba suavemente. Así, como viento ascendente, continua el resto del día con un pico de velocidad entre las 12,00 y las 14,00 horas solares (que es el momento más caliente y seco).

2. Estrategia en la quema

Secuencia de pasos necesarios para alcanzar los objetivos de nuestra quema e identificar las tareas necesarias para tener éxito.

a. tareas previas a la quema (construir líneas cortafuegos, podas, cortas, ...)

b. técnicas de ignición (fuego-ladera-arriba, f.-ladera-abajo, ...)

c. métodos de ignición (antorcha de goteo, cerillas, mecheros, ...)

d. secuencia de igniciones (dibujándolas en un mapa, señalando la secuencia)

3. Evaluación previa a la quema

Describir cómo, cuándo y con qué precisión se llevarán a cabo el seguimiento de las condiciones ambientales (y de combustibles) para decidir cuando es el momento apropiado para la quema. P. ej. uso del contenido de humedad de los "fuel sticks" para conocer el contenido de humedad de los combustibles medios muertos (10-h de tiempo de retardo). Los "fuel sticks" son palitos de pino ponderosa de características normalizadas y de uso y venta generalizado para este fin.

4. Evaluación durante y tras la quema

Describir cómo se anotará el comportamiento del fuego durante la quema.

Describir cómo se seguirán las condiciones tras la quema para ver si se han conseguido los objetivos.

a. documentación durante la quema para evaluar si el comportamiento del fuego se ajustó a la prescripción.

b. documentación después del incendio para evaluar los efectos ecológicos. P. ej. seguimiento anual hasta la siguiente quema prescrita.

La recogida de datos para los puntos 3 y 4 está muy sistematizada en Francia donde se posee una extensa base de datos informática a partir de unas fichas o partes de tres colores distintos y que corresponden a los tres momentos reseñados arriba: antes, durante y después de la quema.

ORGANIZACIÓN DE LA QUEMA

La prescripción de la quema debe tener la firma de un técnico forestal especializado en el fuego controlado y estará aprobada por otros (al menos el gestor responsable del monte). Existirá también un responsable del control del fuego (para evitar piroescapes) que tendrá autoridad para proceder a la extinción si considera que el escape es inminente e incontrolable. El responsable de ignición y conducción del fuego puede ser diferente al redactor de la prescripción, pero muchas veces será la misma persona.

Se suelen quemar en meses tal como Septiembre, pero esperando hasta que el viento, la humedad del combustible y la humedad relativa de la atmósfera se encuentren en el rango deseado, que se denomina "*ventana de la prescripción*". Este término hace referencia al rango aceptable de condi-

ciones ambientales que permitirán que el fuego cumpla nuestro objetivo sin menoscabo de la seguridad.

La quema normalmente comienza a las 9.00 a.m., cuando la temperatura es baja y la humedad relativa es todavía alta debido a que aumenta en general por la noche, en la parte baja de la ladera. Se establecen dos equipos que recorrerán el perímetro cercionándose de que el fuego no lo cruza. Además, una organización adecuada exige cumplimentar adecuadamente las siguientes tareas:

1. Preparación para la quema

Para cada tarea previa a la quema se debe especificar:

a. ¿qué se hará?

b. ¿cuándo se hará?

c. ¿cómo se hará?

d. ¿quién lo hará?

e. equipo y suministro necesario

f. costo

Por ejemplo: Obtener el permiso (quién, cuando). Informar a los vecinos de la intención de quemar (dónde, cuándo). Disponer de psicrometro, fuel-sticks y dinamómetro, anemómetro, antorcha de goteo, combustible, mechero, cerillas, cuaderno, lápiz, vehículo de extinción, botiquín de primeros auxilios, cascos, herramientas (palas, pulaskis y MacLeod), bocadillos, frutas y bebidas.

2. Toma de datos antes y durante la quema:

a. ¿qué datos se tomarán?: velocidad y dirección del viento, humedad atmosférica,

b. ¿cuándo se hará?: p. ej. justo antes de empezar a quemar, a las 14,00 horas

c. ¿cómo se hará?

d. ¿quién lo hará?

e. equipo y suministro necesario

f. costo

Por ejemplo: contenido de humedad del combustible muerto de 1-h, 10-h y 100 horas de tiempo de retardo al menos a las 14,30 horas solares y describir el comportamiento del fuego (velocidad de propagación, longitud de llama).

3. Ignición

En un mapa, se indica el área a quemar, la estrategia de ignición , la secuencia de ignición, la localización de las cuadrillas, ... Se harán las mismas preguntas.

Por ejemplo: El fuego se empezará en la parte alta de la parcela, apoyado en una línea de defensa hasta suelo mineral de un metro de anchura. Comenzará hacia las 9:00 (solares) cuando el viento será ya ascendente y el fuego podrá conducirse en contra o a favor por fajas de modo que las llamas no pasen fácilmente la longitud de 1 m o 1.2 m, salvo algún antorcheo puntual. El equipo de ignición lo formarán el jefe y tres colaboradores

4. Control

En un mapa, se indica la localización de las cuadrillas y equipos de control de posibles piroescapes. Se harán las mismas preguntas.

Por ejemplo: El vehículo de extinción se colocará en el flanco este de la parcela (y se moverá a lo largo de la pista que sirve de límite a este flanco) con dos operarios y otros tres con herramientas manuales de extinción recorrerán el resto del perímetro.

5. Liquidación y patrullaje

Se harán las mismas preguntas.

6. Evaluación de los resultados de la quema

Se harán las mismas preguntas.

7. Resumen de costos

a. personal

b. equipo

c. material o suministro

También podemos usar la palabra organización para denominar a un colectivo de personas que se encarga de ciertos aspectos de la quema. Veamos un ejemplo de una organización: la asociación para la mejora de pastizales del condado de Santa Barbara (California). Ya desde 1945, sus miembros han llevado a cabo quemas controladas cooperativamente en sus propiedades, con el permiso de la administración. Así, han controlado el desarrollo del matorral (chaparral californiano). Si no se trata, el matorral acumulará combustible incrementando el peligro de incendio. Los fuegos de matorral, a menudo, se propagan explosivamente y desafían los trabajos de extinción. Además, el matorral puede absorber (transpirar) gran parte de la precipitación (si esta es escasa) con lo cual los pantanos no se llenan. De ahí que, con quemas prescritas, se rejuvenezca periódicamente el matorral para mantener la eficacia de los embalses. Por último, al invadir los pastizales, el matorral reduce la capacidad de carga ganadera.

Tanto los responsables de los Servicios Forestales como los investigadores abogan por un mayor detalle en la preparación, ejecución y seguimiento de estas quemas de matorral para así lograr los objetivos de la quema minimizando daños y con un coste razonable. A este, más riguroso y científico empleo del fuego como herramienta forestal se le ha denominado quema "prescrita".

La asociación se reúne cada año para decidir qué áreas van a ser quemadas y para planear estas quemas en cooperación con el condado, el Departamento Forestal del Estado de California, y el Servicio Forestal de USA. Los ganaderos generalmente queman unidades de 1.000 a 2.000 ha y suponen unas 800.000 ha al año. Para ello, construyen líneas cortafuegos con *buldozers* principalmente a pie de ladera. Estas líneas serán más o menos gruesas según las condiciones de la vegetación. En las laderas norte, en las que la vegetación es más espesa, es necesario cortar algo de chaparral y dejarlo secar antes de quemar. Antes de la quema, personal de incendios de la Administración inspeccionará las preparaciones. Los resultados son variables: se producen algunos escapes (piroescapes) y, en general, se obtienen unos resultados satisfactorios a un coste (tanto económico como ecológico) menor que con el empleo de maquinaria o herbicidas.

COMPLEJIDAD Y VENTANAS DE PRESCRIPCIÓN

Conviene evaluar la dificultad estructural (Tabla 4) que puede tener una quema para asignar los recursos que sean proporcionales a dicha dificultad.

Decimos que estamos, de momento, dentro de la prescripción si la previsión meteorológica nos indica que estaremos dentro los valores meteorológicos deseados (y especificados en nuestra ficha) para los días anteriores y posteriores a nuestra quema (Tabla 5). Estamos definitivamente dentro de prescripción si el día de la quema se cumplen las condiciones meteorológicas requeridas en nuestra ficha (Tabla 5)

Los valores deseables para días previos pueden diferir de los deseables para los posteriores. Si la previsión meteorológica nos indica que estaremos dentro los valores deseados (como lo hace en este ejemplo), entonces estamos de momento dentro de prescripción.

INFORME DE LA QUEMA

Una ejecución adecuada de la quema exige cumplimentar los siguientes puntos:

1. Logros

Hay que enumerar clara y precisamente los logros (resultados reales) de la quema. Y, luego, contrastarlo con los resultados deseados.

a. algunos efectos serán visibles inmediatamente: p. ej. % superficie no quemada dentro del perímetro a quemar.

Tabla 4.- Complejidad estructural de la quema prescrita. Valoración con un ejemplo numérico

Elementos de complejidad	valor	ponderación	puntuación
1. Probabilidad de piroescape	8	1,5	12
2. Valores en riesgo	2	1,5	3
3. Combustible y comportamiento del fuego	2	1	2
4. Duración del fuego	1	1	1
5. Calidad del aire: humos	1	1	1
6. Método de ignición	1	1	1
7. Tamaño del equipo de trabajo	2	1	2
8. Objetivo(s) del tratamiento	5	1,5	7,5
COMPLEJIDAD: puntuación total			29,5

Los valores oscilan de 1 a 10 y la ponderación de 0,5 a 1,5. La puntuación resultante se clasifica en: sencilla (0-40), media (40-80) y compleja (más de 80)

Tabla 5.- Meteorología previa y posterior al día previsto de quema

	Deseable		Previstos	
	2 días previos	2 días posteriores	2 días previos	2 días posteriores
Tª (ºC)	10-15	10-15	15	15
HR (%)	50-70	50-70	60	60
Viento (km/h)	2-12	2-12	10	10
Precipitación (mm)	0	0	0	0
Nubosidad (%)	indiferente	indiferente	escasa	escasa

b. algunos efectos serán visibles en una semana (secado y caída de hojas, ...)

c. algunos efectos no serán visibles hasta la próxima estación vegetativa (% de individuos muertos por el fuego por especie para matorrales y árboles, % de cubierta de *Brachypodium* cuando era 100% antes de la quema.

2. Comportamiento del fuego

Se describe el comportamiento real del fuego y se contrasta con el esperado (indicados en nuestra prescripción).

3. Condiciones ambientales

Se describen las condiciones ambientales previas y durante el fuego. Se comparan con aquellas que figuran en la prescripción

4. Costo

Comparamos el costo real y el previsto

5. Observaciones y recomendaciones

a. comparar lo que pasó con lo que se esperaba conseguir

b. señalar que conocimientos nuevos se han adquirido y como pueden emplearse en mejorar las nuevas prescripciones de quemas.

Los trabajos desarrollados o coordinados por el INRA (en Francia), mencionados más

Tabla 6.- *Ventana de prescripción Añado ejemplo*

Fecha planificada: Octubre o Noviembre 1998			Fecha real:	
Hora planificada de inicio del fuego: 0930			Hora real:	
Duración prevista: 7 horas			Duración real:	
Valores del intervalo	***bajo***	***deseado***	***alto***	***real***
Condiciones meteorológicas	Rango aceptable			
Temperatura, ºC	10	15	22	
Humedad relativa, %	40	55	70	
Temperatura de condensación, ºC				
Velocidad del viento, m/s	0	4	10	
Velocidad del viento a media llama, m/s	0	2	5	
Cubierta de nubes, %	0	0	50	
Condiciones ambientales	Rango aceptable			
Contenido de humedad (CH) del suelo, %	30-40%			
CH combustible 1-hora tiempo de retardo, %	5	10	15	
CH combustible 10-hora, %	9	18	40	
CH combustible 100-hora, %	12	22	60	
CH combustible herbáceo vivo, %	45	75	110	
CH combustible leñoso vivo, %	55	85	110	
CH del humus, % (número de días sin llover)	2	3	4	
Comportamiento del fuego	Rango aceptable			
De conducción (a favor, a favor por fajas, a favor por puntos, en contra, en flanco, centrada)	En contra, al principio; a favor por fajas luego; y por último por flancos			
Velocidad de propagación, m/min	0.6	1	2	
Longitud de llama, m	0.5	1	2.2	
Intensidad lineal del frente, kW/m	80	400	1000	
Calor por unidad de área, J/m^2	30-40			

arriba, permiten elaborar informes detallados, incluso de quemas antiguas, ya que se cumplimentan fichas que son luego pasadas a soporte informático. La francesa de quema dirigida contiene: ficha antes, ficha durante y ficha después.

RXWINDOW DE BEHAVE Y VENTANAS DE PRESCRIPCIÓN

RXWINDOW (ANDREWS & CHASE, 1989) es el otro programa del sistema Behave relevante para la simulación de efectos en arbolado. Su estructuración consigue reducir las 10 entradas básicas de FIRE1 (para el vínculo Direct- Scorch-Mortality) a 3 valores intermedios para simplificar los cálculos y obtener las variables de salida o comportamiento previsto del fuego. Vamos a profundizar un poco más mediante unos ejemplos (Figuras 1, 2 y 3) con RXWINDOW para ver como podemos llegar a las ventanas de prescripción antes aludidas.

REFERENCIAS

BISWELL, H.H. 1989. *Prescribed burning in California wildlands vegetation manage-*

```
INPUT LIST FOR RXWINDOW
FIRE BEHAVIOR CONTRAINTS:
  1— RATE OF SPREAD, m/min                  *** NOT CONSTRAINED ***
  2— HEAT PER UNIT AREA, kJ/m2              *** NOT CONSTRAINED ***
  3— FIRELINE INTENSITY, kJ/m               *** NOT CONSTRAINED ***
  4— FLAME LENGTH, m                        .6 TO  1.5
  5— REACTION INTENSITY, kW/ m2             *** NOT CONSTRAINED ***
  6— SCORCH HEIGHT, m                       *** NOT CONSTRAINED ***
  7— TREE MORTALITY, %                      *** NOT CONSTRAINED ***
SITE CONDITIONS:
  8—FUEL MODEL:                             7 — SOUTHERN ROUGH
  9—FUEL EXPOSURE TO WIND:                  EXPOSED (WIND ADJUSTMENT FACTOR = .40)
  10—TERRAIN SLOPE, %                       30.0
  11—1OO-H MOISTURE =                       10-H MOISTURE PLUS    2. %
PRESET ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS:
  15—1-H FUEL MOISTURE, %                   4.0 TO  10.0
  16—10-H FUEL MOISTURE, %                  6.0 TO  12.0
  18—LIVE WOODY MOISTURE, %                 75.0 TO 175.0
  19—6-METER WINDSPEED, km/h                *** NOT CONSTRAINED ***
  20—MIDFLAME WINDSPEED, km/h               2.0 TO  18.0
  21—WIND DIRECTION                         UP-SLOPE
                                            QUARTER UP-SLOPE
                                            CROSS SLOPE
  22—FIRE SPREAD DIRECTION                  *** NOT CONSTRAINED ***
OUTPUT TABLE CONFIGURATIONS:
  23—RXWINDOW FIRE BEHAVIOR TABLE VARIABLE: SCORCH HEIGHT, METERS
```

Figura 1.- Listado (no exhaustivo) de las entradas de para RXWINDOW de nuestro ejemplo

ment. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 240 p.

BOTELHO, H., FERNANDES, P. and RUAS, L., 1996. *"Forest fire prevention through prescribed burning: prediction of effects on trees"*. Programa Environment EV5V-CT94-0473. Vila Real Meeting, 11-14 jan 1996. (Inédito).

CASTELLNOU, M., MOLINA, D.M., and BARDAJÍ, M. 1997. *Taller de quemas prescritas. En*: Jornada de Quema Controlada. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y Universidad de Lleida. Marzo 1997.

CEMAGREF. 1989. Protection des forets contre l'incendie - Guide technique del forester mediterraneen, chap. 4. Cemagref, Aix-en-Provence -France-, Division Techniques Forestières Méditerranéenes

DEBRUIN, H.W. 1976. *From fire control to fire management: a major policy change in the Forest Service. In* Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conference. 14:pg. 11-17.

FISCHER, W.C. 1978. *Planning and evaluating prescribed fires - a standard procedure*. USDA Forest Service, General Technical Report INT-43, Ogden, Utah, USA.

GREEN, R.L. 1981. *Burning by prescription in chaparral*. USDA Forest Service, General Technical Report PSW-51, Berkeley, CA, USA.

KILGORE, B.M. 1976. *From fire control to fire management: an ecological basics for policies. In* Trans 41st. North American Wildlife and Natural Resources Conference Wildlife Management Institute. Washington D.C.

LEOPOLD, A.S. et *al* 1963. *Wild life Management*

*** HEAD FIRE *** (FULL WINDOW) (VER 4.0)						
	6-METER	WIND	SPEED/MIDFLAME	WIND	SPEED,	KM/H
WEIGHTED DEAD FM %	4.0 1.6	12.1 4.8	20.1 8.0	28.2 11.3	36.2 14.5	44.2 17.7
5 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 4- 6	UP- X 85-175 6- 9				
6 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 4- 6	UP- X 75-175 6- 9				
7 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 3- 6	UP- X 75-175 6- 9				
8 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 3- 5	UP- X 75-175 5- 9	X - X 165-175 7- 7			
9 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 3- 5	UP- X 75-175 5- 8	UP- X 145-175 7- 7			
10 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-175 3- 5	UP- X 75-175 5- 8	UP- X 135-175 6- 7			

donde:
W-DIR = WIND DIRECTION (UP=UP-SLOPE – máxima pendiente arriba, QU=QUARTER-UP, media pendiente arriba, X=CROSS, según curva de nivel, QD=QUARTER-DOWN, media pendiente abajo, DN=DOWN-SLOPE, máxima pendiente arriba, ANY= cualquier dirección)
LV-FM = LIVE WEIGHTED MOISTURE, PERCENT, contenido de humedad ponderado de los combustibles vivos en %
SCORCH = altura de chamuscado en metros (basada en un día con 25 °C de temperatura

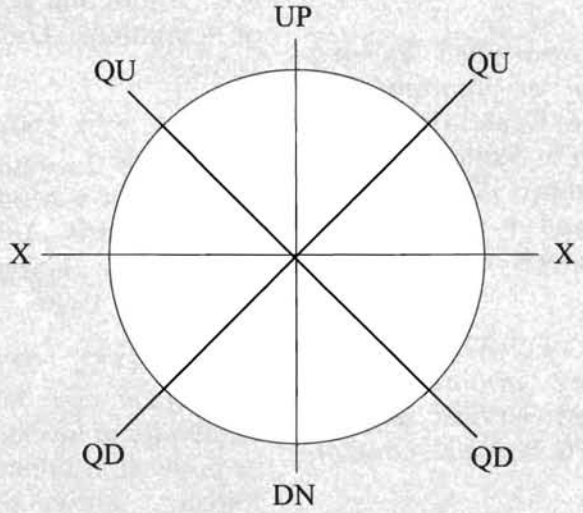

*Figura 2.- Velocidades del viento y contenido de humedad ponderado de los combustibles muertos que están dentro de la prescripción para un fuego de **cabeza** siguiendo nuestro ejemplo en RXWINDOW*

*** FLANK FIRE *** (FULL WINDOW) (VER 4.0)						
	6-METER	WIND	SPEED/MIDFLAME	WIND	SPEED,	KM/H
WEIGHTED DEAD FM %	4.0 1.6	12.1 4.8	20.1 8.0	28.2 11.3	36.2 14.5	44.2 17.7
5 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-95 2- 3	UP- X 75-135 2- 3	UP- X 75-155 2- 3	UP- X 75-155 2- 3	UP- X 75-155 2- 3	UP- X 75-145 2- 3
6 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- QU 75-75 2- 3	UP- X 75-125 2- 3	UP- X 75-135 2- 3	UP- X 75-135 2- 3	UP- X 75-135 2- 3	UP- X 75-125 2- 3
7 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-105 2- 3	UP- X 75-115 2- 3	UP- X 75-115 2- 3	UP- X 75-115 2- 3	UP- X 75-105 3- 3	
8 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-85 2- 3	UP- X 75-105 2- 3	UP- X 75-105 2- 3	UP- X 75-95 3- 3	UP- X 75-95 2- 3	
9 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-75 2- 3	UP- X 75-85 3- 3	UP- X 75-85 3- 3	UP- X 75-85 2- 3	UP- X 75-85 2- 3	
10 W-DIR LV-FM SCORCH	UP- X 75-75 3- 3	UP- X 75-75 3- 3	UP- X 75-75 2- 2			

*Figura 3.- Velocidades del viento y contenido de humedad ponderado de los combustibles muertos que están dentro de la prescripción para un fuego de **flanco** siguiendo nuestro ejemplo en RXWINDOW*

in the National Parks. Leopold Commeettee Report addreessed to the Secretary of Interior Stewart Udall.

MARTIN, R. E., 1981. *Prescribed Burning Techniques to Maintain or Improve Soil Productivity*. In: Hobbs, S. D. and Helgerson, O. D., Eds. Reforestation of Skeletical Soils: Proceedings of a Workshop; 1981 November 17-19; Medford, OR and Corvallis, OR: Forest Research Laboratory, Oregon State University; pp. 66-70.

MARTIN, R.E. and DELL, J. D. 1978. *Planning for Prescribed burning in the Inland Northwest*. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-76, Portland, Oregon, USA. 67 p.

MARTIN, R.E. and SAPSIS, D.B. 1992. *Fires as Agents of Biodiversity - Pyrodiversity Promotes Biodiversity*. *In* Proceedings on Biodiversity of Northwestern California, R.R. Harris and D.C. Erman, eds., Division of Agriculture, University of California, pp. 150-157.

MOLINA, D.M. 1996. *Taller de quemas prescritas*. *En* Incendios Forestales: Quemas Controladas y Modelización de la propagación. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y Universidad de Lleida. 17 Noviembre 1996.

MOLINA, D.M. 1997. *Quemas prescritas y su simulación*. *En* 1er Seminario Nacional - Estado de la investigación y el desarrollo en la protección contra incendios forestales en España. Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, 20-21 de Abril 1997. p 147-58

MOLINA, D.M. 1998. *Planes de quema para la retirada de los restos forestales del vaso del pantano de Rialb (Lleida – España).* Convenio NECSO - Entrecanales - Cubietas y Universidad de Lleida

SCHIMKE, H.E. and GREEN, L.R. 1970. *Prescribed fire for maintaining fuel-breaks in the Central Sierra Nevada.* Pacific Southwest, Forest and Range Experimental Station, USDA Forest Service, USA

VEGA, J. A. 1978. *Utilización del fuego controlado en las comunidades vegetales de Galicia.* Boletín de la Estación Central de Ecología, 7(14); 3-19, ICONA, Madrid

VEGA, J.A. 1985. *Datos preliminares sobre comportamiento del fuego prescrito para la reducción de combustible bajo pinares en Galicia. En:* Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales". Servicio de Publicaciones. Agrarias (MAPA).pp. 51-57.

VEGA, J.A., BARA, S. y GIL, M.C. 1985. *Algunos efectos a corto plazo del fuego prescrito en pinares de Galicia. En:* Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales. Servicio de Publicaciones. Agrarias (MAPA). pp. 103-145.

VEGA, J.A., et *al.* 1994. *Prevention through prescribed burning: an international cooperative project carried out in the european STEP program.* Proc. 2nd Int. Conf. Forest Fire Reseach, Vol I pp. 75-84, Coimbra, Portugal.