

CURSO DE MANEJO DEL FUEGO



Gran Canaria

del 2 al 8 de mayo de 2014



Autores:

Federico Grillo Delgado

Didac Díaz Fababú

Contenido

1.- FUEGO PRESCRITO	3
1.1.- INTRODUCCIÓN	3
1.2.- PIROECOLOGÍA	7
1.3.- EL RÉGIMEN DE INCENDIOS EN CANARIAS	10
1.4.- SELVICULTURA PREVENTIVA Y FUEGO PRESCRITO	13
2.- PLANES DE QUEMA. PRESCRIPCIONES	15
2.1.- INTRODUCCIÓN	15
2.2.- EL PLAN DE QUEMA	16
2.3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PARCELA	17
2.4.- OBJETIVOS DE LA QUEMA	19
2.5.- OBJETIVOS DEL FUEGO	26
2.6.- RANGO DE RESULTADOS ACEPTABLE	31
2.7.- COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL DE LA QUEMA	32
2.8.- ORGANIZACIÓN Y SEGURIDAD EN LA QUEMA PRESCRITA	32
2.9.- PREPARACIÓN DE LA PARCELA	33
2.10.- DURACIÓN DE LA QUEMA	36
3.- ORGANIGRAMA DE LA QUEMA	37
3.1.- COMUNICACIONES	38
3.2.- MANEJO DE HUMOS	38
3.3.- CONDICIONES AMBIENTALES. VENTANA DE PRESCRIPCIÓN	41
3.4.- HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	46
3.5.- PERSONAL	46
3.6.- LIQUIDACIÓN DE LA QUEMA	47
3.7.- MANEJO DE SEGURIDAD	47
4.- COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y PATRONES DE IGNICIÓN	48
4.1.- HERRAMIENTAS DE IGNICIÓN	48
4.2.- COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	49
4.3.- TIPOS PRINCIPALES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	50
4.4.- FUEGO DE TEST	74
4.5.- PATRONES DE IGNICIÓN	53
5.- EVALUACIÓN DE UNA QUEMA PRESCRITA	66
6.- BIBLIOGRAFÍA	100

1.- FUEGO PRESCRITO.

1.1.- INTRODUCCIÓN

La sociedad española ha heredado de la época del Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA), la idea de que todo fuego forestal debe ser suprimido de forma inmediata e indiscriminadamente.

En respuesta a esta filosofía y a la percepción sesgada de que el fuego forestal solo supone una amenaza para la gente y para los recursos naturales, muchos países, incluido el nuestro, han desarrollado e invertido grandes sumas de dinero en programas de prevención de incendios forestales y en potentes dispositivos para la supresión de estos a fin de proteger a la población y los recursos naturales.

En la mayoría de los casos el éxito alcanzado por dicha política ha sido tal, que la sociedad ha perdido la noción del fuego como elemento útil y como un proceso importante en la formación y mantenimiento de ecosistemas naturales. El resultado general de la supresión “exitosa” del fuego es una vegetación “cambiada” que da lugar a incendios cada vez más severos y por lo tanto más dañinos para el bosque, los suelos y las cuencas, y un costo económico cada vez mayor tanto en propiedades dañadas, como invertido en la lucha contra estos incendios.

Podemos asegurar, por tanto, que se han modificado los regímenes naturales de los incendios forestales, propiciando que actualmente las masas forestales se quemen con incendios poco frecuentes, de muy alta intensidad y afectando a grandes superficies forestales, a diferencia de lo que ocurría antes de la puesta en marcha de los dispositivos contra incendios que se quemaban con incendios relativamente frecuentes, de poca intensidad y de extensiones medianas.

El daño que se deriva de este nuevo régimen de incendios, que hemos favorecido inconscientemente, es altísimo, ya que se trata de una situación nueva que las masas forestales no han tenido tiempo para adaptarse. En cambio el anterior régimen de fuegos, por ser más próximo al natural y por haberse mantenido durante largos periodos de tiempo, ha moldeado la existencias de masas forestales y ha permitido la adaptación de estas al fuego.

Desde la comprensión de estos hechos están surgiendo nuevas filosofías de gestión del fuego, que comienzan por la divulgación de esta realidad y pretender recuperar regimenes de fuego más lógicos. Se plantea como herramienta el uso cabal del fuego en los ecosistemas forestales, esto es, el uso de quemas y fuegos prescritos, con vistas a la consecución de unos objetivos concretos de gestión forestal que facilite la recuperación de dinámicas de fuegos mas sanas para nuestros bosques.

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 varios objetivos de un plan de gestión preconcebido. La quema prescrita es una herramienta que requiere un objetivo bien definido y cuantificado, experiencia en su uso y habilidad en la ejecución. Exige profundos conocimientos de meteorología, combustibles forestales y comportamiento del fuego; así como familiaridad con la fisiografía de la superficie a quemar. Hay que añadir como requerimiento un suficiente conocimiento de la piroecología de las especies presentes. Si todos estos aspectos son debidamente atendidos, muchos forestales pueden hacer uso provechoso de las quemas prescritas.



Figura 1. Quemas prescritas alrededor del mundo. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Pinares de *Pinus Caribaea* en las islas Bahamas (foto R. Myers), Pastizales naturales en México (foto R. Myers), Pinares de *Pinus canariensis* (foto D. Fababú) y pastizales en el Chaco argentino (foto A. Güiraldes)

Los objetivos de una quema pueden ser variados: selvicultura preventiva o de defensa contra incendios, reduciendo la carga de combustibles o mejorando la estructura de la vegetación, facilitar la regeneración de cierta especie vegetal (favoreciendo el rebrote, estimulando el banco edáfico de semillas, favoreciendo la apertura de conos serótimos en copas, incrementando la

iluminación del suelo, etc.), facilitar el pastoreo, mejorar el hábitat de los grandes mamíferos, incrementar su valor recreativo al hacerlo más transitable a las personas, avanzar la sucesión forestal al eliminar los pies dominados o cierto sotobosque que ralentiza la regeneración de los árboles dominantes, y otros.

La Ley 4/89 de *Conservación de Espacios Naturales y de La Flora y La Fauna Silvestre*, ahora sustituida por la Ley 42/2007 *del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* tienen su origen en el mandato del artículo 45 de la Constitución Española, 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 tenía 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), que 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

Por otra parte la Ley 42/2007 *del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* menciona en su Artículo 2, *Principios*: Son principios que inspiran esta Ley:

a) El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, respaldando los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano.

b) La conservación de la biodiversidad y de la geodiversidad.

c) La utilización ordenada de los recursos para garantizar el aprovechamiento sostenible del patrimonio natural y, en particular, de las especies y de los ecosistemas, así como su restauración y mejora.

Visto que la legislación española obliga a gestionar para el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la reintroducción del fuego en nuestros ecosistemas parece necesaria. Esto es, no se debe limitar la gestión 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 dejarlo actuar, como proceso ecológico esencial que es en muchas ocasiones.

Veamos, a continuación, las condiciones que debe cumplir una quema. La quema prescrita ha de ser:

- ecológicamente beneficiosa o al menos aceptable
- eficaz (esto es, que cumple los objetivos)
- económica frente a otras herramientas (esto es, eficiente)
- socialmente aceptable (tanto para la ciudadanía como para los gestores forestales)

Aclaremos, ahora, la significación de unos cuantos términos que nos serán de utilidad. Denominamos **incendio forestal** a aquel fuego que no cumple con 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 sin control sobre el terreno forestal afectando a vegetación que no estaba destinada a arder.

Por contra, una **quema prescrita** se encamina hacia el logro de los objetivos de los servicios forestales sin amenazar ni vidas humanas, ni propiedades, ni recursos. El fuego prescrito que ha sido iniciado intencionadamente lo denominamos quema prescrita o ignición planeada.

Figura 2. Un agente forestal observa un incendio originado por rayo en el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, Isla de La Palma. Aun siendo un proceso ecológico fundamental, debido a las políticas de conservación de los Parques Nacionales, este inofensivo incendio de invierno fue extinguido.



Un fuego prescrito originado por un rayo (ver Figura 2), 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 estarán especificadas en el Plan de Manejo de Fuegos Forestales en términos de la literatura anglosajona o Plan de Defensa contra Incendios Forestales. En España aunque la legislación y la técnica lo permiten aun no se prevén este tipo de actuaciones, estando aun muy lejos de lo deseable, que debiera ser inicialmente la experimentación. Años de esfuerzo por

proteger nuestros bosques han generado una dura política de supresión de incendios basada en la acumulación de medios de extinción que permitan una pronta llegada al incendio. Este sistema lo único que ha generado en multitud de lugares es la gran acumulación de biomasa y por tanto auténticos polvorines.

Para la parcela que va a ser quemada, tanto de forma natural como provocada por el propio gestor, se establece una prescripción particular o **Prescripción de Quema**, definida en el Plan de Quema, a su vez inmerso en Un Plan de Defensa contra Incendios Forestales que 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 una 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.

1.2.- PIROECOLOGÍA

El fuego juega un papel fundamental en muchos de los ecosistemas del mundo. Es un elemento esencial, como el agua que cae del cielo o como el sol que hace crecer las plantas. Cualquier persona puede comprender con facilidad como puede cambiar radicalmente un ecosistema si eliminamos casi por completo el elemento agua del mismo, por ejemplo en que se convertiría un humedal si lo desecamos, como esta ocurriendo con las Tablas de Daimiel en Ciudad Real. Sin embargo parece que nos cuesta comprender que al eliminar el elemento fuego, el ecosistema también cambia, alejándose de su dinámica natural. Parece que nos cuesta intuir en qué se convierte un bosque esclerófilo si deja de quemarse de forma recurrente y con una frecuencia más o menos estable.

Desde tiempos inmemoriales el fuego ha sido quien ha esculpido y modulado el territorio, en definitiva, el gestor del paisaje mediterráneo. Los matorrales, pinares, alcornocales y demás monte esclerófilo no serían lo que son sin la intervención secular del fuego.

El término inglés "*fire ecology*" puede traducirse por ecología de incendios. La piroecología de una especie vegetal (o animal) la constituyen todas aquellas características del régimen de incendios del lugar donde dicha especie habita. El fuego, en muchas ocasiones, es un factor determinante en el éxito o fracaso de una especie en un hábitat dado, pues puede ser la perturbación dominante y dictar el éxito de sus propágulos.



Figura 3. En muchos ecosistemas un incendio no es más que una de las etapas de la dinámica ecológica.

Acerquémonos a la idea de pirodiversidad o diversidad en régimen de fuegos en un monte o en una comarca natural. Los incendios son diversos en su naturaleza y recurrencia. Los regímenes de fuegos varían en sus intervalos (años transcurridos) entre incendios consecutivos, estaciones (verano, invierno,...) de ocurrencia, dimensiones (hectáreas afectadas) y otras características tales como la intensidad lineal de llama, la altura de socarramiento de las copas. Por tanto, unos regímenes de fuego diversos dan lugar a un amplio gradiente de condiciones naturales que promueven biodiversidad en el paisaje, en el rodal e incluso en la microtopografía del suelo forestal. Una simplificación de los fuegos (por ejemplo, el intento de supresión de todos los fuegos) que se dan en una zona puede simplificar la vegetación existente. Esto es, la pirodiversidad puede promover biodiversidad por lo que es interesante diversificar el régimen de fuegos haciendo uso de las quemadas prescritas y de las quemadas naturales prescritas en la gestión forestal. Si apagamos los fuegos pequeños podemos favorecer la continuidad de combustible y los grandes serán más grandes e intensos. A esto se le ha llamado: "la paradoja de la extinción".

El *régimen de incendios* es el patrón espacial y temporal de las características y efectos de los incendios. Entre sus parámetros más comunes destaca:

- Frecuencia Es el número de incendios en la unidad de tiempo (por ejemplo, un siglo) en un lugar de un área determinada.
- Intensidad: Energía liberada por el fuego. Directamente relacionada con la frecuencia, estacionalidad y severidad.
- Estacionalidad: Define la tendencia de los incendios a ocurrir durante ciertas estaciones del año.
- Extensión: Superficie que abarca los incendios.
- Severidad: Daño que sufren plantas, animales y en definitiva el ecosistema. A primera vista se puede creer que está directamente relacionado con la intensidad del fuego, pero esto no es exacto. Tiene más que ver con la capacidad de resistencia o resiliencia del ecosistema y con los rasgos evolutivos que han permitido sobrevivir a un determinado régimen de incendios.

Es interesante por tanto que definamos, a grandes rasgos, los diferentes tipos de estrategias adaptativas que desarrollan las plantas frente a la perturbación que representan los incendios:

- Estrategia resistente: es aquella que generan las plantas para adaptarse a fuegos de baja intensidad pero de alta recurrencia. Los principales mecanismos adaptativos puestos en marcha por estas plantas a nivel anatómico-fisiológico son:
 - Gruesas cortezas que protegen al tronco del fuego.
 - Yemas apicales que aceleran su crecimiento y desarrollo cuando se queman.
 - Altura del árbol que mantiene la copa alejada de los efectos del fuego.
 - Autopoda que impide que el fuego suba por las ramas y llegue a las copas.
 - Longevidad.
 - Temperamento esciófilo o de sombra.

Estrategia resiliente: es aquella que desarrollan algunas especies para perpetuarse aun sufriendo incendios que, si bien son de baja recurrencia, resultan ser de alta intensidad. Los principales mecanismos adaptativos para este otro tipo de régimen de fuegos son:

- Estróbilos serotinos, que se abren y diseminan cuando se ven afectados por el fuego.

- Semillas que al quemarse mejoran sus porcentajes de germinación.
- Temperamento heliófilo o de luz.
- Alta producción de semillas.
- Piñas grandes.
- Floración precoz.

1.3.- EL RÉGIMEN DE INCENDIOS EN CANARIAS

Para entender mejor los conceptos explicados hasta ahora vamos a poner un ejemplo de territorio con régimen de incendios específico y particular, las islas Canarias. Este archipiélago, de origen volcánico, emergió del mar hace aproximadamente entre 22 millones de años (Fuerteventura) a algo menos de 1 millón de años (El Hierro). Las demás islas surgieron durante este período. Gran Canaria tiene una antigüedad de unos 14 millones de años y, entre los primeros restos vegetales fósiles encontrados, se halla el pino canario. Estos fósiles tienen una antigüedad de 13,5 millones de años, por lo que sabemos que el pino canario es oriundo de la isla desde su formación. Así, se puede afirmar que los incendios forestales en Gran Canaria son tan antiguos como ésta.



Figura 4. Sotobosque del pinar de pino canario en la Hoya del Morcillo (Isla de El Hierro) 5 meses después del Gran Incendio Forestal de 2006 (Foto: D. D. Fababú, 2008).

Efectivamente, los pinares de pino canario (*Pinus canariensis*) llevan millones de años sufriendo incendios forestales sin que estos destruyeran este ecosistema. Eso es debido a que este pino tiene varias adaptaciones a los incendios forestales entre las que cabe destacar la capacidad de rebrote de tronco (inusual entre sus congéneres), así como un elevado espesor de corteza, unas yemas bien protegidas por las acículas, semillas resistentes al fuego, elevada altura, ... La permanencia de algunas piñas en el árbol sin abrirse, formando un banco de semillas aéreo es otra de sus adaptaciones a los incendios. Este tipo de piñas, llamadas serótinas (del latín *serus*, tardío) se abren después del incendio, cuando las condiciones de luz, nutrientes y competencia son las más adecuadas (ver figura 4).

Los porcentajes de serotinidad nos indican diferentes regímenes de incendio tal como demostró Climent (2004). La serotinidad es según varios autores una adaptación a la elevada intensidad y moderada frecuencia. Por los datos del citado estudio se observan unos porcentajes muy pobres en las zonas sur de las islas lo que conllevaría que estos pinares no han evolucionado con incendios de alta intensidad (ver figura 6). Si observamos esos pinares, ralos, dispersos y sin casi sotobosque podemos deducir que los incendios que se generan en ellos se propagan básicamente de manera superficial, sin afectar prácticamente a las copas. En los pinares norte en cambio, los elevados porcentajes de serotinidad encajan perfectamente con una historia de fuegos de alta intensidad, debido a sus exuberantes sotobosques (figura 5).



Figura 5 a la izquierda y 6, a la derecha. Sotobosque del pinar de Pino Canario en la vertiente norte) y la vertiente sur en la isla de Tenerife. (Fotos: D. D. Fababú).

Durante millones de años los incendios propagarían a lo largo de la isla, siendo relativamente extensos ante la inexistencia de los contemporáneos servicios de extinción. Solo verían frenado su avance con la aparición de zonas rocosas, cursos fluviales, oportunas lluvias o detenidas por formaciones más hidrófilas como la laurisilva.

Este tipo de vegetación de carácter subtropical y laureoide se encuentra altitudinalmente por debajo de los pinares y debe su existencia a la condensación adiabática de masas de aire cargadas de humedad (alisios). Este ecosistema se caracteriza por tanto, por un régimen de incendios de frecuencia e intensidad bajas debido a la humedad de los combustibles. Esto extremo se puede confirmar por la ausencia de adaptaciones y rasgos evolutivos contra el fuego que presenta las especies vegetales integrantes de la laurisilva. Solo en periodos de extrema sequía podrían generarse incendios de alta intensidad. Estos incendios podrían tardar siglos en aparecer y se caracterizarían por tener una elevada severidad y provocarían la substitución completa del bosque por otras comunidades de substitución como el Fayal brezal, a su vez más inflamable.

Este régimen natural que durante millones de años gestionó el paisaje canario se vio alterado por la llegada de los seres humanos procedentes del vecino continente africano. Hace aproximadamente entre 2000 y 3000 años, estos antiguos pobladores de economía básicamente ganadera, introdujeron rebaños de cabras y ovejas. Para conseguir pastos hicieron uso del fuego. La frecuencia y estacionalidad de los incendios cambió con lo que los bosques de laurisilva dieron paso a comunidades más abiertas. Los matorrales y comunidades de substitución probablemente harían cambiar la intensidad. Esta alteración del régimen de incendios se puede observar en el estudio de estratos de microcarbón realizado por De Nascimento (2006), (Figura 7).

El régimen natural de incendios se basaba, parece ser, en una frecuencia moderada de incendios (10 – 20 años) condicionada por la relativa baja frecuencia de episodios de rayos en el archipiélago y ausencia de tormentas secas propias de territorios continentales.

Estas tormentas con aparato eléctrico, se darían en las islas principalmente asociadas a fenómenos tormentosos y lluvias y su aparición se centra en los meses de otoño, invierno y primavera. Bajo estas condiciones de humedad y temperatura el régimen de incendios variaría entre incendios de moderada/baja intensidad y alta intensidad cuando harían aparición episodios meteorológicos más secos como los que se dan frecuentemente con entradas de aire de advección este, provenientes del Sahara. Tal como hemos comentado, la alta intensidad se generaría en pinares de las vertientes norte y sería mucho más escasa en pinares sur.

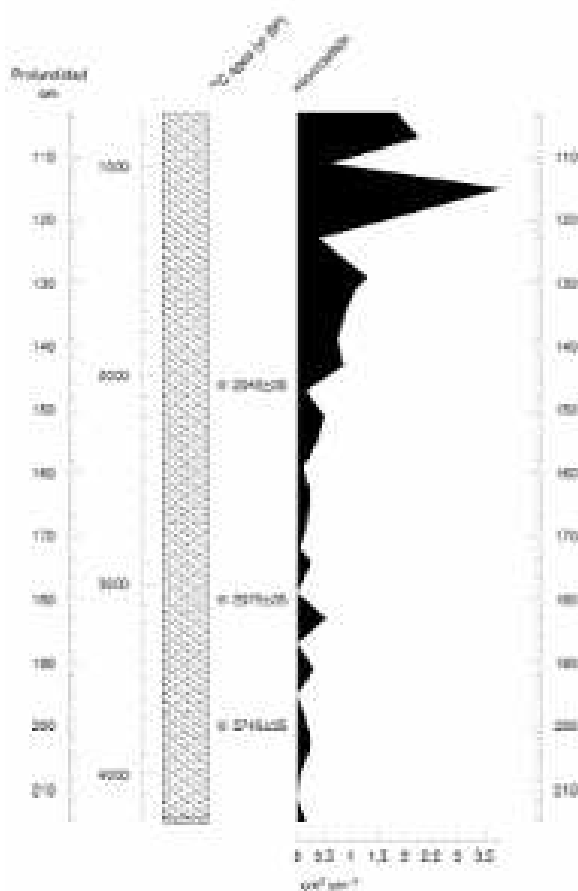


Figura 7. Estudio de estratos de microcarbón en el ecosistema lacustre de La Laguna (Tenerife). (Fuente: De Nascimento, 2006)

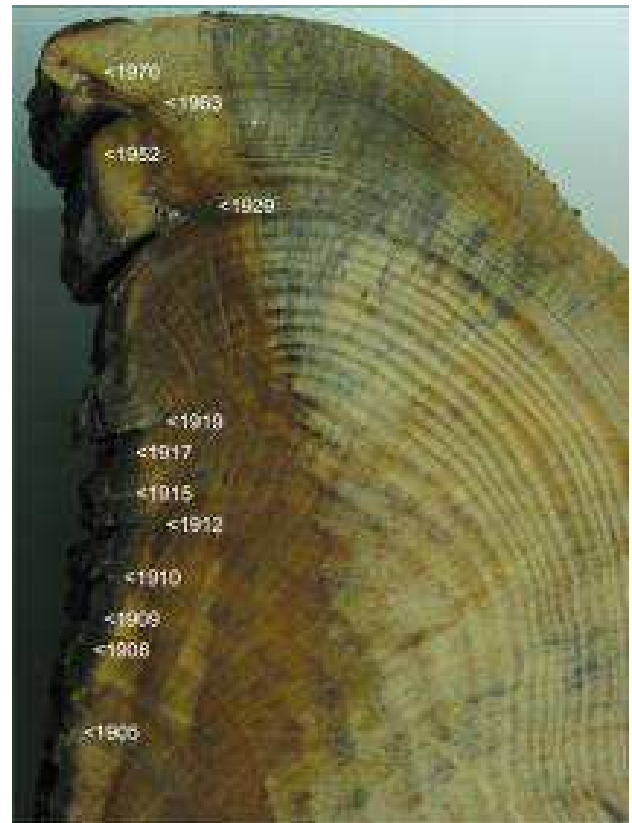


Figura 8. Datación de las heridas de fuego en una muestra de pino canario de la isla de La Palma (Foto: S. Stephen, 2009).

La economía ganadera y el aumento de la población y por tanto del aprovechamiento de los recursos forestales generarían un aumento de incendios de baja intensidad generados por el aumento de la frecuencia (igniciones intencionadas por los pastores) como por la ausencia de combustible (extraída por los aprovechamientos). Este régimen de incendios en los últimos siglos se puede constatar por el estudio de las heridas de fuego generadas en los troncos de los pinos (figura 8). Con la ayuda de la dendrocronología (ciencia que estudia la edad de los árboles mediante los anillos de crecimiento) se han podido datar los incendios de los últimos 200 años y su evolución hasta la actualidad, con incendios menos frecuentes (debido a la política de supresión de incendios) y por lo tanto más intensos (debido tanto a la disminución de la frecuencia como al abandono de los aprovechamientos tradicionales).

1.4.- SELVICULTURA PREVENTIVA Y FUEGO PRESCRITO

A la selvicultura preventiva de incendios forestales la denominamos también ordenación de combustibles forestales y consiste en modificar la vegetación en algunos rodales para que

respondan a modelos de combustibles forestales en los que el fuego no sea tan intenso o no se propague de un modo tan virulento. Tendrá la doble función:

Permitir el establecimiento en estos rodales de eficaces áreas cortafuegos o de fajas auxiliares de pistas.

Crear un mosaico de modelos de combustibles en los que el incendio encuentre dificultades para su propagación.

El fuego prescrito, en selvicultura preventiva, tiene una gran potencialidad en la creación y mantenimiento de áreas cortafuegos y fajas auxiliares de pistas. Por ejemplo, la quema en invierno, frente a la trituración, elimina más completamente el combustible que sería disponible para un incendio en verano.

En España, el fuego prescrito en selvicultura preventiva ha comenzado a usarse en Galicia gracias a la labor del Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán en Pontevedra. Poco a poco se va abriendo paso en otras zonas Cataluña, Canarias y Castilla La Mancha. Es previsible que se aplique cada vez con mayor extensión, apoyado por varios proyectos europeos de I+D en los que se conciertan investigadores y gestores de países mediterráneos, especialmente España, Francia y Portugal.



Figura 9.- Quema de pastizales en Teno, Isla de Tenerife para entrenamiento y mejora de pastizales. (Foto: BRIVAM, Cabildo de Tenerife, 2007).

2.- PLANES DE QUEMA. PRESCRIPCIONES

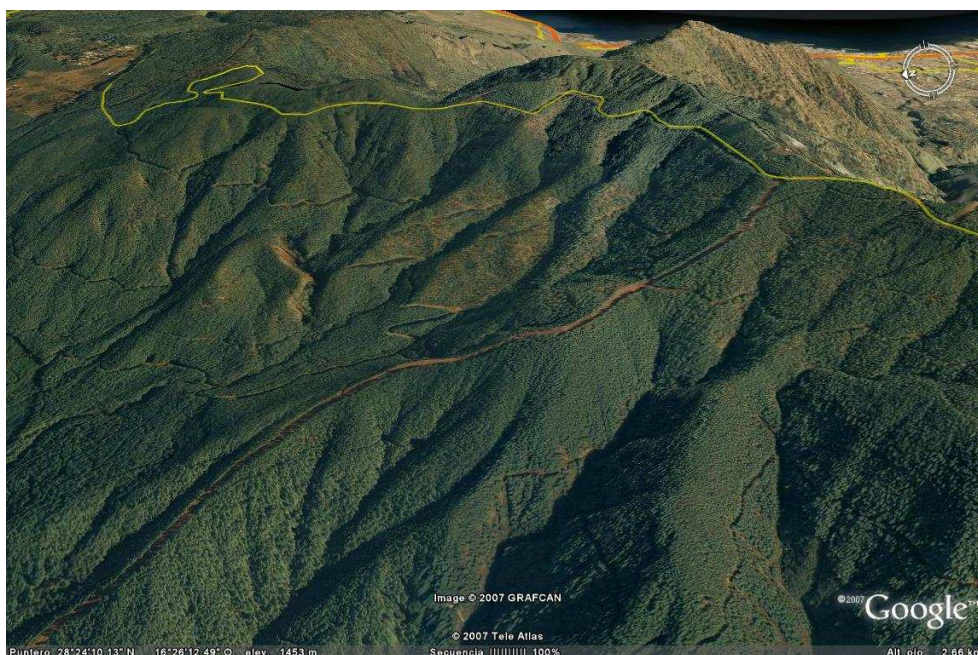
2.1.- INTRODUCCIÓN

Como se ha definido en el capítulo anterior, 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. Para la unidad que va a ser quemada se escribe una prescripción particular: Prescripción de Quema.

Se puede hablar de plan general de quemas para una comarca forestal o de plan particular para una superficie concreta a quemar. El plan particular o prescripción deberá cumplir con lo reseñado en el plan general.

La Prescripción de Quema define el rango aceptable de temperatura, humedad relativa, humedades de los combustibles y dirección y velocidad del viento. 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 de área, protocolos de seguridad y también un plan de gestión de los humos producidos (Figura 10).

Figura 10.- La escala de trabajo debe integrarse en todos sus niveles. Cortafuegos de La Victoria, Isla de Tenerife. El Plan de Quemas contempla el tratamiento de la margen izquierda.



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. 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.

2.2.- EL PLAN DE QUEMA

El plan de quema es un documento en el que se especifica los siguientes apartados:

1. Descripción general

- 1.1 Características principales
- 1.2 Topografía
- 1.3 Localización
- 1.4 Información catastral
- 1.5 Limitaciones legales y/o administrativas.
- 1.6 Limitaciones establecidas por el propietario.
- 1.7 Estructura de la vegetación
- 1.8 Historia de la parcela
- 1.9 Impactos naturales, económicos y sociales del fuego
- 1.10 Actitudes locales hacia el fuego.

2. Planificación y actuaciones

- 2.1 Objetivos principales de la actuación
- 2.2 Objetivos principales del fuego
- 2.3 Rango de resultados aceptable
- 2.4 Complejidad estructural de la quema
- 2.5 Períodos previstos
- 2.6 Preparación de la parcela
- 2.7 Previsión de medios y recursos
- 2.8 Consideraciones de seguridad
- 2.9 Comunicación y coordinación en la quema, permisos
- 2.10 Tipo de medios de comunicación.

3. Ejecución de la quema

Hay que tener muy en cuenta las actitudes locales hacia el fuego. En el medio rural posiblemente no encontremos tantas reticencias como en el medio urbano. Aun así siempre está bien informar e invitar si cabe a las primeras quemas a los agentes locales (propietarios, vecinos, gestores, pastores, cazadores, ecologistas,...) para que se sientan partícipes y conozcan esta herramienta. Mucha gente está en contra de las quemas más por desconocimiento o por haberlos dejado de banda que por otra cosa.

Cuando se quiere reintroducir el fuego como otra herramienta de gestión de los ecosistemas forestales se recomienda que las primeras quemas sean de pastos o rastrojos (ver figura 12), debido a que se vienen realizando secularmente, los efectos se camuflan rápidamente con el nuevo brote y ya gozan de un consentimiento por parte de la población. Una vez "afinado" el dispositivo en la conducción de la quema y sobretodo en seguridad, se puede ir iniciando la realización de quemas bajo arbolado y matorrales.



Figura 12.- Primeras quemas en Gran Canaria, en 2002 para formación del personal perteneciente al dispositivo contra incendios. (Foto: GIE, 2002).

2.4.- OBJETIVOS DE LA QUEMA

De la propia definición de fuego prescrito se desprende que la quema es un recurso que requiere tener un objetivo muy claro. Así, para cada unidad que va a ser quemada se describe una prescripción particular, Prescripción de Quema, que dependerá de muchos factores entre los cuales se encontrará el objetivo que se persigue para esa unidad.

Existen regiones en España, en las que el manejo del fuego ha alcanzado un nivel de nulidad tan acusado, que será absolutamente necesario que los técnicos competentes tengan muy claramente identificados, si es que se pretende convencer a los gestores de los beneficios que comportaría recuperar en cierta medida el fuego como herramienta de gestión de zonas forestales, cual es el abanico de posibles objetivos cuyo logro esta al alcance de las quemas prescritas y del fuego técnico.

En el segundo apartado se habla ya de los objetivos de la quema. Estos pueden ser de diversa índole, destacando:

Previo a repoblaciones:

La actividad repobladora realizada por las administraciones necesita de terrenos abiertos para la facilitar dichas labores así como condiciones idóneas para el establecimiento de las plántulas.



Figuras 13 y 14.- Quema de restos de cañaverales en barrancos de Gran canaria para su posterior repoblación. (Foto: D.D. Fababú, 2008).

Mediante el fuego prescrito se consigue de forma más económica este objetivo, facilitando el acceso del personal y proporcionando mejores condiciones a las nuevas especies al eliminarles competencia, toda vez que se logra un aporte de nutrientes extra que pretende simular la regeneración que se da en la naturaleza después de un incendio. La apertura de matorrales o

herbazales no implica necesariamente la eliminación total de la vegetación (ver figuras 13 y 14), la técnica permite abrir según necesidades. Para eso ajustaremos las ventanas de prescripción que luego veremos y las técnicas de conducción del fuego.

Ayuda a repoblaciones:

La falta de recursos económicos para mantener la gran cantidad de repoblaciones existentes en España a raíz de la creación del Patrimonio Forestal en 1941 y continuado por el ICONA en los años 70 y luego las Comunidades Autónomas (1984) genera un problema complicado de resolver mediante tratamientos convencionales. Por otra parte la gran carga de combustible generado bajo sus copas provocan incendios devastadores que van menguando tan colosal empresa repobladora. Ante el evidente riesgo de incendio y el estancamiento de muchas de las repoblaciones jóvenes debido a la competencia ejercida por especies que espontáneamente acompañan a la plantación desde el inicio, tradicionalmente se recomiendan tratamientos de mantenimiento mediante desbroces que mejoran la disponibilidad de nutrientes, de luz, de agua,... Una vez superada la fase de tangencia de copas y por tanto la creación de sombra este proceso se puede lograr de forma autónoma en muchas ocasiones (figura 15). El uso del fuego prescrito puede resultar, si se domina en la modalidad más depurada, (lo que luego llamaremos cirugía) una potente ayuda para estas masas, incluso si son muy jóvenes. En Gran Canaria se han realizado experiencia exitosas en repoblaciones de 2-4 años y con densidades de 1200 plantas/ha sin apenas mortalidad (<0,5 %) (ver figura 16).



Figuras 15.- Quema de antiguas repoblaciones de monte verde de 10 años en coexistencia con helechales (vegetación preexistente). Tras la quema se observan una excelente poda térmica de *Myrica faya* y unos crecimientos de copa mayores debido al aporte de nutrientes entre otros. Foto: F. Grillo, 2003.

Figuras 16: Quema muy conservadora de pastos con humedades altas que respetan las repoblaciones y parte del pasto vivo en Gran Canaria. La descarga del combustible fino muerto (pasto) fue superior al 70 %. Foto: F Grillo, 2004).



Mantenimiento de pastos:

El paulatino despoblamiento de las zonas rurales y el consiguiente abandono de las actividades tradicionales ha llevado a que muchas de las zonas anteriormente productoras de pasto para la ganadería se vieran actualmente colonizadas por especies arbustivas. Con las quemas prescritas se pretende recuperar esta actividad ancestral y proveer de pastos a los rebaños aun presentes en la isla. Estas prácticas mejoran cualitativamente y cuantitativamente los productos pastoriles (leche, queso,...), a su vez que eliminan algunas plagas (garrapatas,...) del ganado (figura 17).



Figuras 17.- Quema de pastos en Gran Canaria. El cauce central divide la parcela en dos zonas, a la derecha la parcela quemada (ahora rebrotada después de 6 meses) y izquierda la no quemada. (Foto: D. García, 2003).

Dehesas:

Algunas formaciones arbóreas presentan de forma natural o artificial formaciones poco densas que han sido aprovechadas tradicionalmente con un objetivo silvopascícola. El empleo del fuego técnico devuelve a esta formación su estructura característica facilitando así el carácter multifuncional del monte. (Ver figuras 18 y 19).



Figuras 18 arriba y 19 abajo: Quema de pinar adehesado en Monte Pavón, Gran Canaria. El objeto de la quema es mejorar el pastizal mediante la eliminación de la cama de acículas que no permite el crecimiento del pasto de forma óptima. Foto: F. Grillo, 2004.



Áreas de baja carga:

Actualmente se tiene sobrada constancia de la ineficacia de las infraestructuras clásicas de prevención de incendios forestales (cortafuegos, fajas auxiliares al borde de carreteras,...) motivo por el que se buscan estructuras forestales en las que el fuego propague dentro de capacidad de extinción y en las que se pueda detener el avance del incendio. En segundo lugar también se pretende reducir el comportamiento extremo de los incendios, sus efectos (carreras fuertes, focos secundarios,...) y consecuencias (accidentes, daños,...). En estas zonas se elimina parte de la carga de combustible y se crean discontinuidades verticales y horizontales que dificultan el avance del fuego (ver figura 20).

El intervalo en el que pueden y deben repetirse las quemas prescritas con el fin de crear y mantener las áreas de baja carga depende de varios factores, como la velocidad de acumulación de combustible, el riesgo de incendio forestal, infraestructuras en riesgo, etc. En la España húmeda en un mismo territorio pueden repetirse cada 3 o 4 años, mientras que en la España seca dicho intervalo puede aumentarse. Las quemas iniciadas bajo arbolado con este objetivo, deben dejar islotes sin quemar para que sirvan de refugio a la fauna salvaje y claro está el chamuscado de hojas de los árboles debe ser mínimo para no añadir combustible al suelo una vez finalizada la quema.

Los servicios forestales más avanzados valoran ya que la creación de áreas de baja carga en mosaicos forestales que diversifiquen la estructura de las masas, es la opción que mejor aprovechara las necesarias sinergias que deben existir entre la prevención de incendios y los modernos dispositivos de extinción.

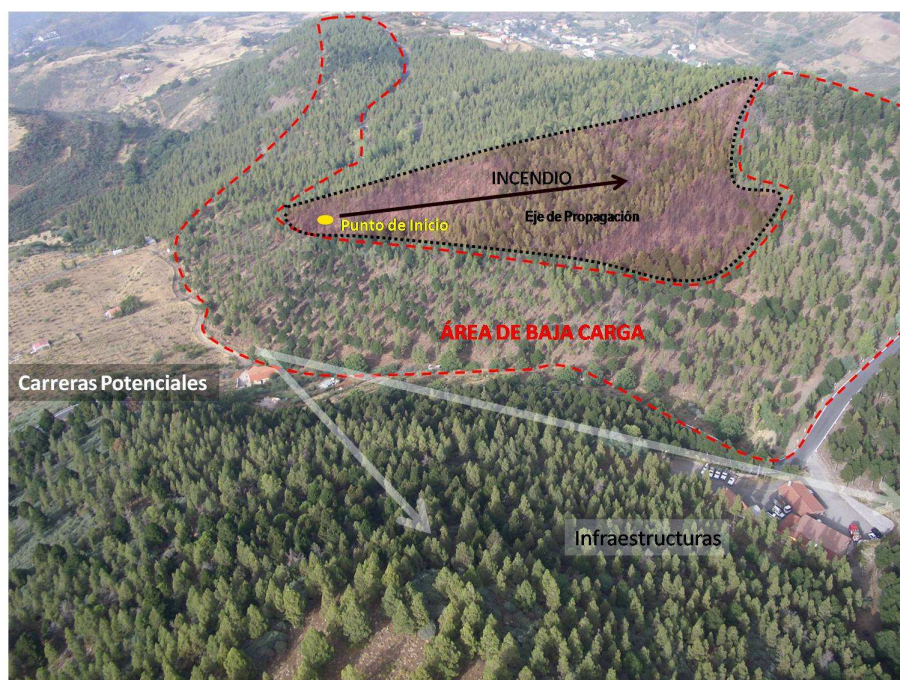


Figura 20: Área de Baja

Carga de Las Mesas diseñada para reducir los daños en la Casa Forestal del mismo nombre, su aparcamiento y un área recreativa. En julio de 2004 se produjo un incendio que frenó su propagación quedándose en una superficie mucho menor que la del potencial que presentaba. Foto: F. Grillo 2005.

Defensa de infraestructuras:

Se trata quemar de parcelas colindantes a alguna infraestructura a preservar, con el fin de conseguir estructuras forestales que garanticen un comportamiento del fuego que no comprometa la seguridad de los medios de extinción y que defiendan dicha infraestructura y a sus habitantes.

Actualmente, con la evolución de un gran número de incendios forestales a incendios de interfase urbano-forestal, se hace fundamental el uso de quemas prescritas para este tipo de labores.

A la hora de ejecutar este tipo de quemas debemos tener muy presentes las zonas sensibles al humo y que el día seleccionado y las técnicas empleadas sean aquellas que generen el menor impacto posible sobre dichas áreas.



Figura 21 a la izquierda: Incendio forestal en Tunte, Gran Canaria. La elevada carga de combustible cerca de viviendas provoca problemas por la dificultad de control (Foto: UOFF, Equipos Presa). A la derecha figura 22, quemas prescritas en Visvique, también en Gran Canaria, cercanas a viviendas. El manejo del humo debe ser muy depurado en su técnica. Foto: D.D. Fababú, 2008.

Parcelas de investigación:

La implantación de fuego en cualquier territorio debe venir acompañada con la toma de datos y una posterior evaluación de los resultados obtenidos. Solo con la experimentación científica se puede demostrar desde el punto de vista ecológico los beneficios o perjuicios de las quemas. En Gran Canaria, gracias a convenios de investigación suscritos con diferentes universidades, desde el año 2002 se vienen ejecutando quemas con el fin de determinar efectos ecológicos que dichas prácticas tienen en los ecosistemas insulares (ver figura 23).

Figura 23: Parcelas de investigación en Cuevas de Caballero, en Gran Canaria. Foto: UOFF, Equipos Presa, 2006.



Gestión de hábitat de fauna.

El abandono de la agricultura en muchas zonas ha generado la invasión de matorrales y un empeoramiento de las condiciones de hábitat para las especies cinegéticas que requieren de espacios abiertos (conejo, perdiz, etc.) toda vez que permiten el tránsito para los cazadores. La presencia de estas estructuras cerradas, genera por tanto refugio para esta fauna (el cazador no puede acceder) aunque no alimento, este lo suelen buscar en zonas limítrofes como los cultivos residuales generando problemas de plaga al agricultor.



Figura 24: Los cazadores necesitan espacios abiertos para poder desarrollar su actividad cinegética. Foto: UO Biodiversidad, Cabildo de Tenerife.

Desde un punto de vista no cinegético el empleo del fuego prescrito puede favorecer a las especies existentes si se emplea con una buena prescripción. Creación de pastos para herbívoros,

mejora de la estructura para el vuelo o el paso pueden ser algunos de los objetivos demandados al fuego.

En definitiva, las quemas prescritas por regla general estimulan la producción de semillas y frutos, aumentan los rebrotes, la calidad de la hierba y abren claros, mejorando la alimentación y el hábitat de especies cinegéticas como el conejo, la perdiz, cérvidos (venado, gamo, corzo) así como el muflón y la cabra montes. Muchas de estas especies mencionadas constituyen la alimentación fundamental de especies de fauna salvaje en peligro de extinción como el lince, águila imperial y real, búho real, lobo, etc. Por lo tanto las quemas no sólo son una herramienta para mejora de Cotos de Caza, también pueden extenderse a Espacios Protegidos con el fin de preservar su fauna salvaje.

2.5.- OBJETIVOS DEL FUEGO

Hemos hablado de los objetivos de la quema pero en el plan de quema hay que hablar además de los objetivos que se pretenden conseguir con el fuego, en relación con los combustibles y el rodal en sí.

Carga de Combustible y cambio de estructura

Generalmente uno de los objetivos que vamos a buscar va a ser la disminución de la **carga de combustible**. En este apartado no solo vamos a definir el volumen de combustible eliminado expresado en Tn/ha, sino otros parámetros como que tipos de combustible dependiendo de su vitalidad (vivo o muerto) y dependiendo de su grosor (fino, ligero, medio, grueso o expresados en tiempo de retardo).

Una de las ventajas de las quemas prescritas frente a otras herramientas (desbroce, astillado, ganado,...) es que estas pueden llegar a eliminar gran parte del combustible fino muerto, principal motor de la propagación de los incendios forestales.

Por problemas de erosión u otros de índole social se puede buscar la eliminación de solo parte del mantillo que cubre el suelo, es decir, de un porcentaje del combustible fino muerto. Eso se consigue realizando la quema unos días después de un episodio de lluvias.

Otro de los objetivos más demandado, a parte de la disminución de la carga de combustible, es el **cambio de estructura** de la masa. Esto se consigue básicamente con la eliminación parcial de uno de los estratos de la parcela. La estructura de un modelo de combustible es muy importante en relación al comportamiento del incendio futuro.

Por poner un ejemplo, no será lo mismo un cañaveral viejo en pie que este mismo cortado y apilado, la carga es la misma pero la estructura es diferente. El primer caso las longitudes de llama puede superar los 6 metros de llama, mientras en el segundo caso rondarían los 2 m. teniendo los dos la misma carga de combustible.



Figuras 25 y 26: La quema del matorral y la poda térmica han cambiado la estructura del pinar. Los fuegos generados tras el tratamiento serán mucho más fáciles de controlar al no verse afectadas las copas con tanta facilidad. Foto: UOFF, Equipos Presa, 2006.

El cambio de la estructura vertical en una masa arbolada se consigue principalmente eliminando o reduciendo el substrato arbustivo o sotobosque y con la poda de los árboles (ver figuras 25 y 26).

El cambio estructural de una parcela es muy importante. Generalmente las primeras quemas que se ejecutan en un rodal se denominan “de reintroducción del fuego” (como resultado de la política de exclusión del fuego) o de **cambio de estructura**. Estas quemas, generalmente sobre modelos 7, 11 o 12 de combustible, requieren de unos trabajos previos de acondicionamiento de la parcela (poda de penetración, desbroce,...), y por tanto generan una dificultad técnica en la ejecución de la quema (elevada carga de combustible, copas cerca del suelo, transitabilidad por la parcela, ejecución lenta,...) y unos elevados costes económicos (empleo de herramientas mecánicas, más personal, seguridad, elevado tiempo de ejecución,...).

Una vez realizada esta primera quema el rodal ya no volverá a tener la estructura y carga de combustible iguales. Las ramas estarán más elevadas por la poda (térmica y/o mecánica) y la superficie ocupada por el sotobosque será mucho menor (la recurrencia de fuego favorece la presencia de herbáceas respecto a arbustivas). Es por esto que las próximas quemas, que denominaremos en adelante **de mantenimiento de estructura**, serán mucho más sencillas, rápidas y económicas ya que fundamentalmente se ejecutaran sobre modelos de hojarasca bajo arbolado (modelos 8 o 9), con menos carga y transitables.

Poda térmica

La poda térmica es uno de los objetivos del fuego más buscados en las quemas prescritas bajo arbolado. A diferencia de la poda manual, esta es mucho más fácil de hacer, más rápida, menos costosa física y económicamente. Queda aun determinar si este tipo de poda es válida para el aprovechamiento maderero de los fustes, en caso de plantaciones comerciales.

La realización de la poda térmica mediante empleo del fuego prescrito no supone que con anterioridad no se pueda realizar otro tipo de poda, por ejemplo de penetración, para facilitar el tránsito del personal por la parcela en la fase de ignición.

Este efecto se puede observar de manera natural en pinares maduros que han sido sometidos a varios incendios forestales a lo largo de su historia. Mientras que los árboles pequeños o jóvenes han caído víctimas de las llamas, en los árboles adultos el fuego solo ha afectado a las ramas inferiores. Esto hace que el rodal cambie su estructura, con una altura a la base de las copas mucho mayor, lo que provoca la discontinuidad respecto al combustible de suelo, y por tanto generando masas mucho más resistentes al paso del fuego.

Figuras 27: La poda térmica en pinar canario se aprecia claramente en esta instantánea unos días después de la quema. En esta especie el color marrón marca la mortandad de acículas, no así las ramas que pueden provocar rebrote cuando son muy gruesas o las más altas Foto: UOFF; Equipos Presa, 2006.



El concepto de poda térmica es muy sencillo. El calor generado por el fuego a nivel superficial se transfiere por radiación y convección a través del ambiente. Generalmente, los pies de los pinos tienen elevados espesores de corteza por lo que el fuego no les afecta demasiado a nivel cambium. En cambio, las ramas más cerca del suelo son mucho más delgadas y con espesores de corteza mucho más finos. Además están situadas en un plano paralelo al suelo, por lo que reciben la radiación, y sobretodo la convección de manera directa. El resultado es una graduación de mortalidad de ramas muertas a medida que nos alejamos del suelo. Las variables a considerar son altura respecto del foco emisor o frente de llamas (cuanto más arriba menos daño), grosor de la rama (cuanto más gruesa menos daño) y tiempo de residencia de la llama sobre la copa (ver figuras 27 y 28).

Figura 28: Poda térmica sobre Myrica Faya. En esta especie el socarrado de la hoja y la mortalidad de ramas coincide bastante cuando la quema es de baja intensidad, como fue el caso. Foto: F. Grillo, 2003.



Desde un punto de vista de la ejecución de la quema, el especialista controla la altura de poda térmica mediante la longitud de llama. A longitudes de llama baja (< 1 metro en pinares, $< 0,5$ metros en frondosas y repoblaciones) la convección no es muy potente, por lo que la poda térmica será moderada. A partir de longitudes de llama de más de 1 metro, la convección actúa de manera importante y es a partir de entonces donde las ramas bajas de los árboles empiezan a moverse por efecto del importante flujo de aire caliente ascendiendo. Este es un síntoma, conocido por el especialista, que está ejerciendo la poda térmica a esos árboles. La velocidad del viento también determina la cantidad de calor por convección que reciben las copas, al determinar el ángulo de inclinación de las llamas con respecto al suelo y por tanto la cantidad de calor que le llegan a las ramas mas bajas de los árboles.



Figura 29: Quema de brezales bajo pinar en la Isla de Tenerife. A la izquierda se aprecia el estado originario de la masa y a la derecha después de la quema. Foto: F. Grillo, 2007.

La susceptibilidad a los daños por la poda térmica varía entre las especies, hasta en especies de un mismo género. Las especies de pinos por ejemplo. En los pinos peninsulares (*P. halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*) el fuego provoca hasta una altura, conocida como altura de socarramiento. Esta altura se puede observar fácilmente, ya que es hasta donde las acículas están de color marrón, resultado de haber recibido un daño térmico en sus tejidos. En estos pinos la altura de socarramiento se corresponde generalmente con la altura de poda. Otras especies de pino, como ya se vio con el pino canario (*P. canariensis*), la altura de socarramiento y de poda no coinciden plenamente. En este pino la altura de socarramiento es aparentemente más elevada que la de poda.

En especies de frondosas así como especies arbustivas, generalmente más susceptibles al impacto térmico, la poda térmica ha de hacerse con mucho más cuidado. Un ejemplo de esto es las quemadas en brezales (*Erica arborea*). A este arbusto, altamente inflamable todo el año, se le puede pasar el fuego por debajo en unas determinadas condiciones y generar una poda térmica

aunque es fácil generar antorcheos si no se domina la técnica. Su temperamento a la poda provoca la mortandad de las ramas fácilmente por lo que se debe ser doblemente cuidadoso (socarramiento y antorcheo) (ver figura 29).

2.6.- RANGO DE RESULTADOS ACEPTABLE

En una quema prescrita es importante hacer una previsión del rango de resultados que queremos obtener. Si durante la ejecución de la quema se observa que no se están consiguiendo dichos resultados, hay que detener o modificar la ejecución de la quema. Generalmente en las quemas de baja intensidad bajo arbolado se intenta respetar mayoritariamente el estrato arbóreo. Eso no quiere decir que no pueda morir algún árbol dominado o enfermo. La cuantificación de esas muertes ha de expresarse en el plan de quema.

En algunas quemas de alta intensidad, por ejemplo, donde el objetivo es eliminar parte de los árboles, también habrá que expresar el porcentaje de mortalidad.

Generalmente esos porcentajes se expresan en valores máximos y mínimos, por lo que existe un rango.

<i>Variable</i>	Valor mínimo	Valor máximo
Superficie quemada árboles (%)	0	5
Superficie quemada arbustos (%)	60	90
Superficie quemada herbácea (%)	80	90
Superficie quemada hojarasca (%)	90	90
Árboles muertos (%)	X	X
Arbustos muertos (%)	60	90
Regenerado muerto (%)	X	X
Altura de socarramiento (m)	1	3.5

En las quemas prescritas muy difícilmente se elimina el 100% de un estrato. Es por eso que los valores nunca llegan a ese porcentaje. Los fuegos, así como los incendios, no tienen unas características homogéneas por lo que el gradiente de daños o los efectos en el rodal son muy variados.

Los fuegos de baja intensidad dejan zonas sin quemar, por el mismo comportamiento del fuego, por la falta de combustible, disponibilidad del combustible, etc... Por lo que nos encontramos que estos fuegos de baja intensidad generan lo que se conoce como pirodiversidad. Estas "islas" sin quemar servirán de refugio a animales y plantas que iniciaran la colonización una vez se haya quemado la parcela (ver figuras 30 y 31).



Figuras 30 y 31: Diferentes rangos de resultados. A la izquierda quema sobre combustible húmedo (solo se quemaron las zonas con abundante carga, seca debajo). A la derecha quema con humedades bajas aunque condiciones antecedentes de cierta humedad (las ramas más gruesas no se queman). Fotos: F. Grillo, 2007 y 2004).

2.7.- COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL DE LA QUEMA

Conviene evaluar la dificultad estructural que puede tener una quema para asignar los recursos que sean proporcionales a dicha dificultad. La siguiente tabla viene a definir de manera subjetiva el grado de complejidad de la quema. De esta manera el proyectista transfiere al jefe de quema, responsable de la ejecución la dificultad de las operaciones.

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

2.8.- ORGANIZACIÓN Y SEGURIDAD EN LA QUEMA PRESCRITA

El fuego debe ser aplicado siguiendo todas las reglas técnicas y del arte es decir ajustándose a lo que el profesional responsable establece para la quema prescrita con objeto de evitar que se descontrola y se transforme en un incendio forestal. Este temido momento perjudica notablemente

Los valores oscilan de 1 a 10 y la ponderación de 0,5 a 1,5. La puntuación resultante (0-100) se clasifica en Fuego simple (0-40), media (40-80) y compleja (más de 80).

al que lo utiliza, sobre todo en los inicios al producir importantes secuelas negativas, ambientales, económicas y sociales, pudiendo incluso generarse responsabilidades penales.

La quema prescrita solo conducirá a los objetivos programados si se contemplan todas las medidas de seguridad establecidas por el plan de quema.

Antes del inicio de la quema prescrita se debe chequear los puntos enunciados a continuación y si se detecta que cualquiera de ellos no cumplen con las exigencias establecidas la quema prescrita no debe realizarse. El riesgo de toda quema prescrita es directamente proporcional al nivel de planificación previa que tenga. A mayor planificación menor riesgo.

2.9.- PREPARACIÓN DE LA PARCELA

La preparación de la parcela constará de los tratamientos en el interior de la parcela que faciliten la conducción del fuego y el tránsito de los quemadores (desbroces, podas,...) así como las acciones para contener la quema dentro de un perímetro (líneas de defensa). Veamos algunas sugerencias importantes a la hora de preparar la parcela:



Figuras 32 y 33: A la izquierda preparación de parcela mediante clara, poda y desbroce (modelo 11). A la derecha parcela quemada sin preparación (el fuego pretende matar el matorral en pie). Foto: UOFF. Equipos Presa, 2006

Una de las prácticas más utilizadas es el desbroce del matorral semanas/meses antes de la quema. Esta acción se realiza para pasar de combustible vivo en pie a combustible muerto en el suelo. Esto facilitará mucho la conducción de la quema, facilitará la consecución de objetivos y mantendrá parámetros de comportamiento del fuego dentro de los definidos por el plan de quema. (ver figuras 32 y 33)

En las quemas sin desbroce previo del matorral se pueden producir varias situaciones.

La quema es conducida por el combustible fino muerto (generalmente pinocha) mientras que el combustible vivo no está disponible por el grado de humedad de este combustible. El resultado será que no se consiguen los objetivos por la no eliminación de combustibles del sotobosque.

La quema es conducida por el combustible fino muerto generando una llama de 0,5 metros aproximadamente y cuando llega al arbusto, si este está disponible, arde generando llamaradas superiores a los 2 metros, al ser un combustible en pie (aireado). El resultado es una mayor dificultad en la conducción de la quema, la no consecución de objetivos por elevada longitud de llama y cierta probabilidad de piroescapes y antorcheos.

La quema es conducida por el combustible fino muerto generando una llama de 0,5 metros aproximadamente que no es suficiente para llegar al punto de inflamación del arbusto en pie, aunque si es lo suficiente para desecarlo. La quema sigue descendiendo hasta que prende alguno de los arbustos que propagará el fuego por las copas de los demás arbustos ahora si disponibles, debido al fuego superficial anterior. El resultado es un fuego de copas de arbustos, con comportamiento de cabeza y con elevadas longitudes de llama que no cumple los objetivos y que puede comprometer la seguridad de la quema.

Con el desbroce del matorral, por lo tanto, se consigue una longitud de llama más o menos homogénea, con puntos más elevados en los lugares donde hay acumulación de combustible. Aun así el especialista puede controlar el rango de longitud de llama (0,5 – 1 m) por lo que podemos controlar la quema. Con el combustible vivo en pie la longitud de llama no es homogénea en la parcela, tendiendo en zonas llamas de 0,5 metros y en otras zonas llamas de más de 2 metros. No obstante si la humedad es la adecuada y el combustible vivo está bien hidratado se puede conseguir pasar el fuego por debajo sin causar el antorcheo.

Figuras 34: Quema de restos bajo codesos (*Adenocarpus foliolosus*), especie montana bastante inflamable en verano y otoño que suele acompañar al pinar. Foto: D. García, 2002.



Se aprovechará la línea de defensa perimetral y los caminos existentes con tal de anclar la quema y formando parcelas asumibles por el equipo para cada jornada. Será importante que cada quema sea asegurada con su línea de defensa perimetral para evitar reinicios (ver figura 35).



Figura 35: Las líneas de defensa pueden ser convencionales, apoyándose en infraestructuras como caminos o incluso con el empleo de agua y retardantes como la espuma. Foto: UOFF, Equipos Presa, 2006.

Dependiendo de si la quema se desarrolla sobre superficie abierta o bajo dosel de copas, del tipo de combustible, de la disponibilidad de medios de control, de las superficies anexas y el riesgo de escape, se podrá dividir el sector en parcelas menores.

Por otra parte se deben establecer vías de escape en caso de cambios de viento, igniciones erróneas, piroescapes, etc. Estas rutas deben estar previstas en el plan de quema prescrita y deben ser conocidas por todos los que intervienen en la misma en la planificación previa, antes de comenzar los trabajos (Briefing).

Se recomienda evitar grandes acumulaciones de combustible dispersándolo de manera homogénea, sobre todo cuando los quemadores son poco expertos. De otra manera se puede modificar el patrón de ignición al llegar a ellos, como veremos más adelante.

Importante será reducir la carga de combustible a medida que nos acercamos al borde de la parcela para evitar grandes llamas en el borde (posibilidad de paveseo, radiación y por tanto piroescapes).



Figura 36: Línea de defensa superior de delimitación de parcela en modelo 12. Los restos son alejados del borde en la zona más sensible de la parcela. Foto: F. Grillo, 2003.

Otra recomendación en lotes con cierta pendiente es evitar la posibilidad de rodamiento de combustible pesado. Esto significa que se deben asegurar:

- los árboles muertos en pie que luego más tarde cuando el fuego se aloje en ellos puedan caer fuera de la parcela.
- los troncos o rocas que al ser liberados por el fuego puedan rodar con riesgo incluso para los especialistas.
- otros materiales rodantes como piñas que puedan descender hacia las partes bajas de la parcela generando igniciones no deseadas.

2.10.- DURACIÓN DE LA QUEMA

Es aconsejable que las quemas no se extiendan más de 8 horas para evitar agotamiento del personal actuante. Eso aumenta ostensiblemente la ocurrencia de errores. A su vez se debe prever los relevos si la quema se complica o alarga su liquidación. Así deben estar dispuestos los reemplazos que correspondan tanto en su ejecución como en la vigilancia posterior si se estima oportuno.

3.- ORGANIGRAMA DE LA QUEMA

El plan de quema prescrita requiere una estructura organizativa piramidal:

- Jefe de quema: Es el máximo responsable de la ejecución de la quema. Ejerce la coordinación entre el los jefes de ignición y seguridad desde una perspectiva general, desde fuera de la quema, normalmente a una distancia razonable.
- Jefe de ignición: En algunas quemas, cuando estas son muy grandes o complejas puede ser necesaria la figura del jefe de ignición. Este recibe órdenes del jefe de quema, controla los patrones de ignición y el comportamiento del fuego de acuerdo con el plan. Si hay varios jefes de ignición, cada uno con su subparcela la coordinación entre todos se hace necesaria con el jefe de quema.
- Jefe de Seguridad: No aparece siempre, aunque se recomienda en aquellos casos en los que el equipo de quema sea externo a la administración gestora del monte. El jefe de seguridad puede suspender la quema si lo considera oportuno, por estar fuera de condiciones y detectar riesgo de escape o daño a la vegetación no permitible.
- Antorchas: Denominamos así a los especialistas que operan con la antorcha. Están a las órdenes del jefe de ignición que los coordinará normalmente por radio en la aplicación del fuego técnico.
- Observador o vigilante: Normalmente se coloca a distancia y tienen como misión principal que la quema se mantenga dentro del área establecida; informando de los posibles piroescapes. Tiene comunicación con el jefe de ignición y con el jefe de quema, normalmente por radio.
- Puntas de lanza: Forman parte del grupo de seguridad. Con gran autonomía para intervenir si consideran riesgo de escape, reciben las órdenes del jefe de seguridad y en su defecto de los jefes de ignición y del de quema: Mantienen el fuego dentro los rangos descritos en el plan de quema. Atienden a antorcheos, exceso de convección, longitudes de llama excesivas y piroescapes. Generalmente se sitúan en los laterales de la quema, en sus flancos o por el interior de la parcela, paralelos al frente de la quema.

- Personal con herramientas manuales. Operan las herramientas manuales a las órdenes del jefe de seguridad o del de ignición en su defecto y participan bajo su mando en caso de piroescapes.
- Autobombas. Operan los equipos pesados a las órdenes del jefe de seguridad o en su defecto del de ignición y puntas de lanza para subministrar agua o variar la presión de la bomba y por tanto en punta de lanza.

Los equipos de ignición y seguridad suelen estar compuestos por 3-8 personas.

3.1.- COMUNICACIONES

El jefe de quema; el jefe de ignición, el observador o vigilante y el jefe de seguridad deben estar intercomunicados, normalmente formando una malla de radio o un canal. Aparte cada jefe de ignición debe tener su propia malla con los quemadores y con su equipo de seguridad (si no hay jefe de seguridad). De tal forma cada jefe usa dos radios (una para los jefes y otra para el equipo). Las antorchas, las lanzas y la autobomba también deben estar conectadas. A medida que aumenta la extensión de la quema, el requerimiento de equipos radio se hace más prioritario, fundamental para superficies de más de 3-4 ha.

3.2.- MANEJO DE HUMOS

Cuando una quema prescrita es ejecutada alrededor de zonas de interfaz, el humo producido puede resultar molesto para las personas que viven en dichas zonas e incluso puede ocasionar problemas de salud y de seguridad. La opinión y las autoridades públicas pueden no tolerar el uso de quemas prescritas, a pesar de sus beneficios, en el caso de que los encargados de su ejecución no sepan mantener el humo alejadas de las zonas sensibles.

Por lo tanto el manejo de humos es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de planificar la quema, las zonas sensibles al humo deben estar claramente identificadas en el plan de quema (zonas urbanas, industriales, aeropuertos, hospitales, etc) y por supuesto elegir el día para su ejecución, aquel en el que su efecto sea el menor posible.

Para identificar aquellas zonas que puedan verse afectadas por el humo dibujaremos en un mapa dos líneas que formaran 30 grados a ambos lados de la dirección del viento. En función del área a quemar, el combustible y la velocidad del viento, el humo alcanzara una cierta distancia desde su origen, como se muestra en la fotografía y el dibujo.



Fotografía tomada desde la Estación Espacial Internacional. Se observa el área afectada por el humo y como cambia su dirección motivada por un cambio de dirección del viento en altura.

En el caso de no observar zonas sensibles en los alrededores de la que podremos proseguir, en caso contrario debemos tener varias cosas en cuenta:

El viento es el responsable de la dirección que va tomar la columna de humo generada, por lo que debemos ver si nuestras zonas sensibles están en dicha dirección y a que distancia. Tener en cuenta posibles cambios de viento a lo largo del día y que el viento en altura que es el responsable del transporte de la columna y el viento en superficie pueden ser distintos, como es el caso de quemas que se ejecutan en zonas con influencia de brisas marinas. En este caso la columna al llegar al mar desciende de nuevo a la superficie para regresar de nuevo a tierra, como consecuencia debemos emplear técnicas de quemas que nos aseguren que la columna se habrá disipado antes de que esto ocurra. Las predicciones meteorológicas son indispensables para adelantarse a dichos cambios, así como la toma de datos meteorológicos durante la quema.

Seleccionar aquellas técnicas de ignición que generen menos cantidad de humo, como puede ser la quema en contra que al consumir casi en su totalidad el combustible muerto produce menos humo. Las quemas a favor generan mas cantidad de humo al generar una mayor cantidad de combustión incompleta que producen una mayor cantidad de partículas en suspensión que forman el humo. La humedad del combustible también determina la cantidad de humo que se genera, siendo mayor cuanto mas húmedo este el combustible, por lo tanto también hay que tenerla en cuenta a la hora de seleccionar la técnica.

Si las zonas sensibles se encuentran por debajo (fondo de valle, por ejemplo) de la quema, debemos tener en cuenta que una vez finalizada la quema, los humos de la combustión sólida (brasas) pueden verse empujados por los vientos nocturnos descendentes o de de ladera, pudiendo afectar a dichas zonas.

El índice de dispersión determina la capacidad de la atmosfera para dispersar el humo. Este índice es empleado en Estados Unidos, pero aquí no se emplea todavía. Este índice esta muy ligado a la estabilidad atmosférica, una atmosfera inestable tiene una mayor capacidad de dispersión que una estable, por lo que tenderemos a elegir para el día de la quema una atmósfera algo inestable o neutra con el fin de evitar problemas con el humo, pero no excesivamente inestable ya que nos podría provocar problemas de control durante la ejecución de la quema.

Hay que tener en cuenta que el humo no afecte a los núcleos de población cercanos. La afección a estas se da generalmente en tres casos:

- Cuando durante la quema, realizada de día las casas están por encima de ésta y los vientos topográficos ascendentes conducen el humo hacia ellas.
- Cuando las casas están por debajo (fondo del valle, por ejemplo) y una vez finalizada la quema, los humos de la combustión sólida (brasas) se ven empujados por los vientos nocturnos descendentes o de de ladera.
- Cuando las casas cercanas, por debajo o por encima de la quema, reciben el humo debido al viento general.

Para evitar estos perjuicios es importante y recomendamos encarecidamente realizar las siguientes cosas:

- Avisar con antelación a las autoridades y agentes de protección civil locales con objeto de no generar movilizaciones por alarma de incendio.
- Avisar a los vecinos unos días antes para que acondicionen las viviendas (cerrar ventanas, recoger la ropa, etc.).
- Tener a algún componente de la unidad por fuera de la quema con objeto de realizar labores de información a las personas que se acerquen alarmadas, curiosas, con quejas, etc. durante la ejecución de la quema. Experiencias en este respecto confirman que saltarse alguno de estos pasos puede generar problemas serios con la población o autoridades.



Figura 37: Quema de restos de desbroce en barrancos de Gran Canaria. Al principio se generan algunas quejas pero una vez informada la gente suele verse como algo bueno para la población. Foto: D. D. Fababú, 2008.

Para la quema de restos posterior a desbroces cercanos a las poblaciones (cuyo objetivo es proteger los núcleos habitados) es muy frecuente utilizar ventanas de prescripción donde el combustible esté muy húmedo. Por ejemplo realizar unos días posteriores a un episodio de lluvias. Esto facilita enormemente la conducción y la seguridad de la quema pero el humo que desprende ese combustible húmedo será un humo blanco y denso, cargado de humedad, desaconsejable si la quema se realiza cerca de núcleos de población. No obstante, cuando la gente es informada de que es por su seguridad suelen tolerar dichas maniobras.

También habrá que tener en cuenta que el tráfico que circule por las carreteras circundantes o cercanas a la zona de quema no deberán sufrir los efectos del humo, por lo que se colocarán vigilantes de seguridad para controlar el tráfico, en caso necesario.

3.3.- CONDICIONES AMBIENTALES. VENTANA DE PRESCRIPCIÓN

Para evitar situaciones que malogren el cumplimiento de los objetivos fijados para la quema prescrita o dificulten el desarrollo mismo de las operaciones es necesario conocer el estado del tiempo y de los combustibles.

Las variables meteorológicas están recogidas en el plan de quema mediante lo que se conoce como **ventanas de prescripción**. Esta determina los rangos inferiores y superiores de los parámetros meteorológicos en que se debe llevar a cabo la quema. Si estos valores los reflejáramos como una gráfica nos daría múltiples ejes. Si atendemos a los tres principales: viento, temperatura y humedad relativa (estrechamente relacionada con la humedad del combustible) nos daría una grafica tridimensional que se asemejaría a una ventana. De ahí su nombre.

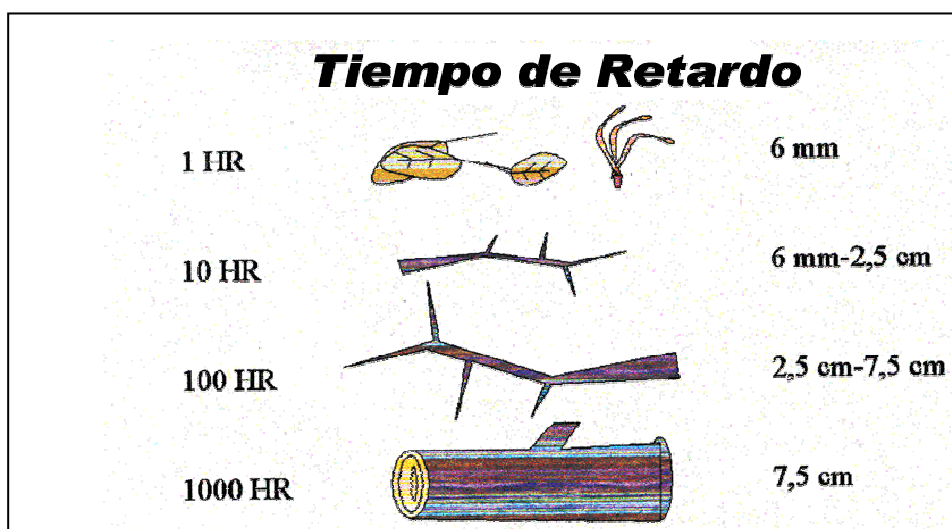
De ventanas de prescripción hay generalmente dos: La ventana de prescripción de la quema y la ventana de prescripción marco.

La **ventana de prescripción de la quema** refleja los rangos bajo, deseado y alto de los diferentes parámetros de la quema.

Estos parámetros se dividen en tres; parámetros meteorológicos, parámetros de los combustibles y parámetros del comportamiento del fuego.

Variable	Bajo	Deseado	Alto
Temperatura (°C)	5	15	25
Humedad relativa (%)	65	45	35
Temperatura de condensación (°C)	X	X	X
Velocidad del viento a media llama (km/s)	2	15	25
Nubosidad (%)	100	50	0
Humedad del suelo (%)	0	50	100
Humedad de combustible d'1 hora (%)	5	7	10
Humedad de combustible de 10 horas (%)	7	10	15
Humedad combustible de 100 horas (%)	-	-	-
Humedad del combustible vivo herbáceo (%)	50	100	125
Humedad del combustible vivo leñoso (%)	50	100	125
Humedad del humus (días)	X	X	X
Velocidad de propagación (m/min)	0,1	1	5
Intensidad lineal de fuego (kW/m)	X	X	X
Longitud de llama (m)	0,3	0.5-1.0	1.5-2.0
Calor por unidad de área (kw/m ²)	X	X	X
Tipus fuego (1=cabeza, 2=cola, 3=flanco, 4=punto)	X	2 - 3 - 4	1

Por otra parte existe la **ventana de prescripción marco**. Esta determina las principales variables meteorológicas durante el día previo, el día de la quema y el día posterior a la quema.



Variable	Día	Valor	Observaciones
T mx	-1	25°C	Periodo sin lluvias y seco al menos 3-5 días anteriores.
HR mn	-1	35%	
Velocidad del viento	-1	15 km/h	
T mx	1	26C	Ideal. Condición de estabilidad por alisio sin viento fuerte.
HR mn	1	40%	
Velocidad del viento	1	15 km/h	
T mx	+1	25°C	Periodo húmedo e incluso lluvioso en días posteriores para evitar reinicios no deseados. Peligro si existen vientos sin lluvia
HR mn	+1	40%	
Velocidad del viento	+1	0-25 km/h	

La humedad y el tiempo de retardo.

La humedad ambiental durante la quema afectará al comportamiento del fuego ya que está íntimamente relacionada con la humedad de los combustibles muertos mediante lo que se conoce como tiempo de retardo.

Los combustibles vivos pueden regular la apertura de los estomas, poros situados en el envés de las hojas por los que la planta controla el contenido de humedad en los tejidos. Los combustibles muertos no tienen ese control estomático por lo que su humedad depende directamente de la humedad relativa del aire.

El tiempo de retardo por tanto es el tiempo que tarda un combustible muerto en perder o ganar dos tercios de la diferencia entre su contenido inicial de humedad y el del ambiente. Por eso clasificamos los combustibles de 1, 10, 100 y 1000 horas de tiempo de retardo dependiendo de su grosor.

Hay otra variable relacionada con la humedad que afecta directamente al comportamiento del fuego durante la quema: la humedad antecedente.

Por este motivo es necesario conocer el tiempo meteorológico en los días previos a la quema. La humedad antecedente condicionará el día de la quema:

- la humedad de los combustibles vivos ya que estarán más o menos hidratados,
- la humedad de los combustibles muertos debido al tiempo de retardo
- el contenido de humedad del mantillo, sobretodo si durante los días anteriores a la quema ha habido lluvia.

Si durante los días previos ha habido un episodio de lluvias esto se verá reflejado en la parte profunda del mantillo del suelo que mantendrá la humedad. A simple vista la capa superficial del mantillo (combustibles de 1 hora de tiempo de retardo) mantendrá un equilibrio con la humedad ambiental por lo que veremos que las acículas secas se rompen al doblarlas (si hay humedades más bajas). Las acículas en los niveles inferiores no se doblarán ya que estarán aún húmedas. Por tanto estos estratos inferiores del mantillo no se comportan como combustibles de 1 HR sino que se comportan como combustibles de 10 HR aun siendo combustibles finos.

Por tanto el comportamiento del fuego, expresado fundamentalmente por la longitud de llama no estará relacionado directamente con la humedad ambiental durante la quema. Para una misma humedad ambiental y mismo combustible veremos que algunas veces tendremos unos comportamientos muy mansos de fuego y otras veces conseguiremos elevadas longitudes de llama. Muchas veces esto es reflejo de la humedad antecedente. Teniendo esto en cuenta siempre es preferible que la ejecución de la quema se realice entre el 30 y el 55 por ciento de humedad ambiental. Por debajo de treinta la quema puede descontrolarse con facilidad y por encima de cincuenta y cinco el fuego dejara islas sin quemar o no quemará todo el combustible marcado en el plan de quema.

El viento

Otro de los parámetros que modifica el comportamiento del fuego es el viento. Este tumba la llama por lo que modificará la altura de llama. Este efecto es muy beneficioso cuando se ejecutan quemas bajo arbolado, ya que tumba la llama e impide que la convección afecte demasiado a las copas o que provoque los antorcheos.



Figura 38: Fuego de test con viento fuerte. Indica que las condiciones de quema no son adecuadas. Foto: D.D. Fababú, 2006.

El viento además puede generar emisión de pavesas fuera de la parcela de quema. Si el combustible que las recibe está disponible para ellas se pueden generar piroescapes. Con vientos fuertes es importante controlar las humedades relativas para saber las probabilidades de ignición de esas pavesas. Podemos quemar con vientos moderados (20 – 25 km/h) mientras tengamos humedades relativas altas (55 – 70%), mientras que no es aconsejable quemar con esos mismos vientos fuertes pero con humedades relativas bajas (<40 %).

Durante la quema se debe controlar permanentemente los cambios que pudieran producirse en las variables meteorológicas realizando las mediciones in situ con el equipo adecuado (ver figura 39).

Figura 39: Sensor termo-higrómetro midiendo mientras se ejecuta la quema. Foto: F. Grillo, 2005.



3.4.- HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Deben ser los adecuados para las tareas para las que fueron fabricadas (homologadas); deben estar bien mantenidos y deben usarse correctamente.

Herramientas manuales: Machete, rozadera, pulaski, palín, azadas, McLeod, rastrillo, antorcha de goteo, batefuegos, extintor de mochila, motosierra, motobomba, mangueras, lanzas.

Equipos pesados: Tractor, autobomba, Pick Up, Quad (ATV), etc.

3.5.- PERSONAL

Debe tener las condiciones físicas necesarias y estar entrenado adecuadamente para la tarea de quemar y en administrar primeros auxilios y uso de botiquín disponible.

Capacitación: General para todos los que actúen en trabajos de quema y específica de acuerdo al rol que tengan asignado.

Equipo de protección individual: Deben ser los adecuados para las tareas en las que se los pretende utilizar de preferencia homologados, deben estar bien mantenidos y usarse correctamente.

Logística: Debe estar desarrollada en el plan de quema prescrita a los efectos de tener la seguridad de contar con la respuesta adecuada ante cada situación que se presente.

Agua potable: Esencial que no falte en ningún momento.

3.6.- LIQUIDACIÓN DE LA QUEMA

Tarea fundamental de seguridad a los fines de asegurar cualquier tipo de reinicio del fuego que pueda devenir en piroescape y por tanto en siniestro.

Vigilancia de la parcela: Ultima medida de seguridad para controlar cualquier rebrote del fuego producto de una liquidación incompleta. Esta medida es necesaria cuando la liquidación se prolongue varios días.

Figura 40: Al día siguiente a la quema se debe repasar la parcela para observar el estado de combustión de la parcela: en esta imagen se aprecia como los combustibles de 1000 horas no estaban disponibles, liquidándose por si mismo gracias a la humedad interna. Foto: UOFF. Equipos Presa, 2006.



3.7.- MANEJO DE SEGURIDAD

Transporte y destino para accidentados: Estarán previstos el o los medios necesarios para su rápido traslado al lugar de asistencia médica más cercano.

Aviso envío accidentados: Deberá implementarse la forma de dar aviso al lugar de asistencia médica más cercano del envío en progreso.

Análisis de las posibilidades de escape de la quema: Deberán analizarse todas las posibilidades de escape de la quema y la actuación de control pertinente.

Manejo del público: Deberá tenerse definido el manejo de público en caso de que existiera la posibilidad de que este se presente.

Cierre de caminos: Deberá tenerse previsto, cuando corresponda, con la autorización de las autoridades pertinentes el cierre de caminos y la señalización adecuada para los usuarios de los mismos.

4.- COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y PATRONES DE IGNICIÓN

La ignición es la acción de 'prender' o encender fuego a los combustibles. Por extensión, los patrones de ignición pueden definirse como la(s) manera(s) más apropiada(s) de encender fuego para lograr un comportamiento definido o 'ideal' del mismo, es decir que esté de acuerdo con los objetivos de la quema prescrita.

En este capítulo se presentarán los patrones de ignición más utilizados en el uso del fuego prescrito.

4.1.- HERRAMIENTAS DE IGNICIÓN

Para utilizar el fuego en forma apropiada, la ignición debe realizarse con herramientas adecuadas. La más difundida es la antorcha de goteo, que emplea combustible una mezcla de gasoil y gasolina en una proporción 60:40 o 70:30. Un soplete común con gas envasado (propano) como combustible es otro medio citado en la literatura para iniciar la ignición. Estas antorchas pueden ser transportadas por el personal a mano, andando o en vehículos como las motos (Quads o ATV).

Para grandes superficies se emplean antorchas más grandes montadas en helicópteros (helitorch) que usan napalm como combustible. Pueden emplearse también luces de bengala.



Figuras 41 y 42: Modelos de antorcha más usados. A la izquierda antorcha pequeña de uso en extinción con alrededor de 1 L de mezcla y a la derecha antorcha convencional con cerca de los 4 L. Fotos: D. D. Fababú, 2008.

4.2.- COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

Los atributos del fuego a tener en cuenta para seleccionar el comportamiento ideal del fuego son esencialmente tres: la intensidad, la velocidad de avance y el tiempo de residencia. Ambos son importantes tanto en el uso del fuego como herramienta como en su control.

La **intensidad del fuego** se define en forma general como la energía liberada por el fuego. Su unidad es el kilowatt (kW), y se expresa en kW/m del frente lineal de fuego. En la práctica, la intensidad del fuego se estima por la longitud de llama (LL).

La **velocidad de propagación** del frente de fuego se mide en m/seg, y no solo está asociada con la intensidad sino que es un atributo que indica la relativa facilidad de controlar el fuego. A mayor velocidad de propagación, el ataque directo al fuego se presenta más difícil. Sin embargo, a menor tiempo de residencia en un punto, menos posibilidades de daño a los objetos circundantes. En la práctica, la velocidad de propagación se calcula a través del tiempo empleado por el fuego para recorrer una distancia conocida.

Si definimos el tiempo de residencia como el tiempo durante el cual el combustible arde con llama, observaremos que este depende de la velocidad de propagación y la profundidad de la llama. Este tiempo debemos tenerlo muy en cuenta a la hora de seleccionar las técnicas de ignición que nos conducirán a conseguir los objetivos marcados en el plan y ha evitar posibles complicaciones con el humo.

La prescripción de quema se desarrolla a partir de los objetivos y límites impuestos a los parámetros que influyen el comportamiento del fuego. La prescripción trata de fijar la intensidad y la velocidad de propagación del fuego. Por lo tanto deben conocerse los límites tolerables de ambos antes de seleccionar la técnica de ignición apropiada.

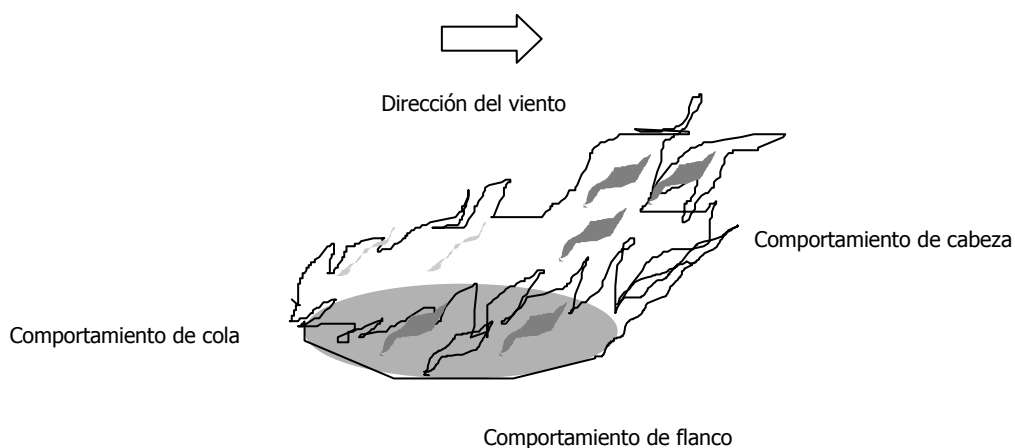
Una prescripción puede desarrollarse mediante dos procedimientos: (a): definición de las condiciones meteorológicas límite para un comportamiento apropiado del fuego; o (b): para una intensidad 'objetivo' obtener las condiciones meteorológicas adecuadas.

De los métodos de transferencia de calor, en la quema prescrita vamos a utilizar para nuestro fin básicamente dos: la **radiación y la convección**. Los tejidos vegetales conducen muy mal el calor, por lo que vamos a desestimar la conducción.

La radiación se ve muy afectada por la distancia por lo que no será de excesiva preocupación para la conducción de la quema bajo parámetros normales. La convección si puede acarrear serios problemas ya que aumenta exponencialmente con la longitud de llama. Puede llegar a más largas distancias, afectar a las copas y producir pavesas por lo que siempre habrá que tenerla controlada.

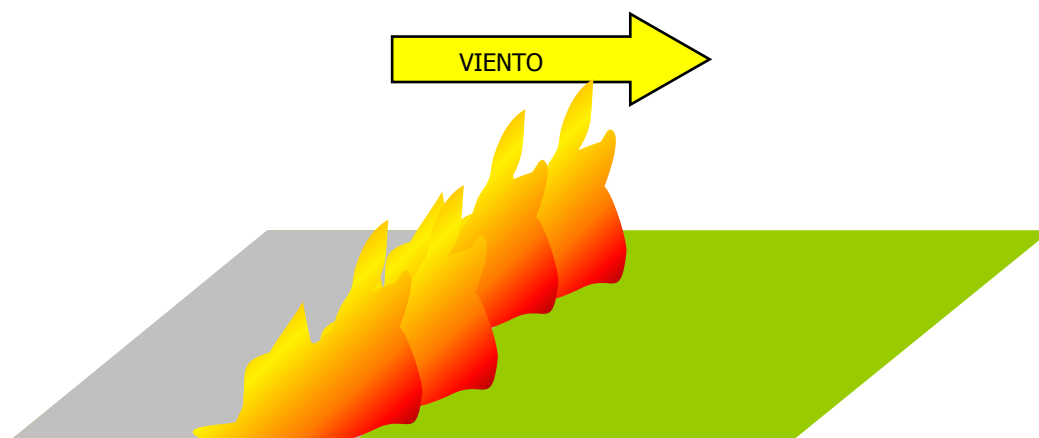
4.3.- TIPOS PRINCIPALES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

Cuando la ignición se inicia a partir de un punto (ej. Por una gota de mezcla ardiendo), el fuego adopta luego de cierto tiempo una forma oval o elíptica, cuyo eje principal coincide con la dirección predominante de la pendiente o el viento. Quedan así delimitados tres tipos de fuego: de cabeza o frontal, en retroceso o de cola y de flanco.

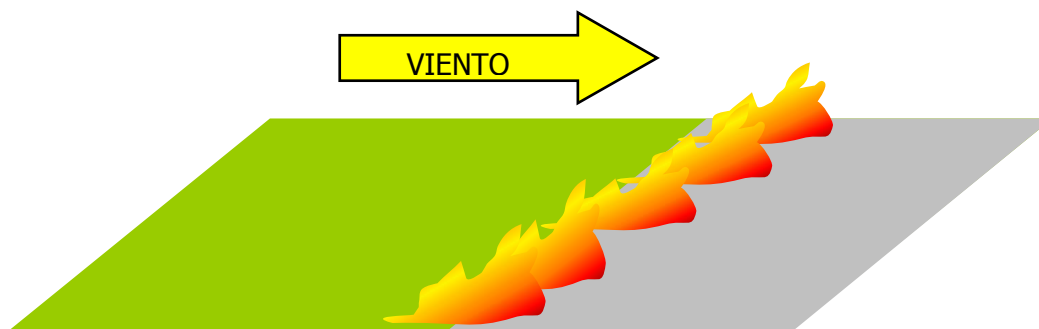


Estos tres tipos de comportamiento del fuego se trasladan después a los diferentes frentes de un incendio. Si los observamos con detenimiento, los podemos observar de esta forma esquematizada:

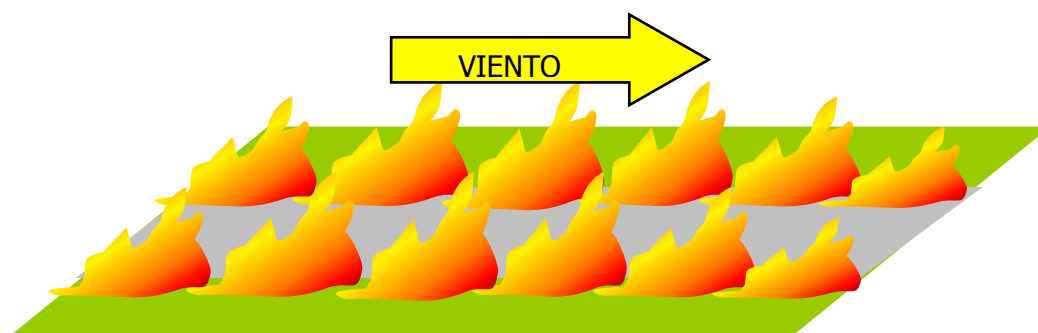
Comportamiento de Cabeza



Comportamiento de cola o retroceso



Comportamiento de flanco



El fuego frontal y en retroceso son los tipos más importantes y se diferencian porque el primero avanza mientras que el segundo retrocede con el viento o con la pendiente.

En el fuego frontal la mayor liberación de energía en forma de calor se produce sobre el combustible sin arder, por lo que las etapas de calentamiento, evaporación del contenido de humedad y pirolisis se hace muy eficientemente. Esto a su vez provoca que más combustible empiece a arder a la vez lo que conlleva más longitud de llama que a su vez desecará más combustible que tiene delante. El resultado es una reacción en cadena en que la velocidad de propagación y la longitud de llama van aumentando con el tiempo y el espacio hasta la estabilización, estado final de equilibrio con las condiciones ambientales predominantes. El tiempo de residencia será menor que en el caso del fuego en retroceso, provocando que la combustión del combustible muerto pueda no ser completa, por lo que este tipo de fuegos genera normalmente una mayor cantidad de humo.



En cambio, en el fuego en retroceso, la mayor liberación de energía se produce sobre el combustible ya quemado. Es por esto que la que la velocidad de propagación y la longitud de llama no aumentan en el tiempo ni en el espacio (solo aumentará en situaciones puntuales de mayor carga de combustible). El tiempo de residencia es mayor, por tanto tenemos que tener en cuenta que si el manto del suelo no está lo suficientemente húmeda podríamos provocar daños en los fustes y las raíces de la vegetación presente, por el contrario genera menos cantidad de humo.

El fuego de flanco posee características intermedias entre los otros dos tipos.

4.4.- FUEGO DE TEST

Antes de iniciar la quema se realiza lo que se denomina el fuego de test. El objetivo del fuego de test es observar en campo como se comporta el fuego bajo las condiciones de meteorología, combustibles y topografía de la parcela.

Para realizar el fuego de test se aplica una ignición en un sitio representativo de la parcela. Hay varias metodologías, aunque las más utilizadas son las de realizar un triángulo equilátero de 1 metro de costado. También se puede realizar un punto como el ejemplo de la imagen.



Figuras 43 y 44: Diferentes fuegos de test. A la izquierda se observa como el test desarrolla cada sector (cola, flancos y cabeza). A la derecha se observa como solo la cabeza desarrolla propagación. Foto: UOFF, Equipos Presa, 2008.

Para un profano en el tema, lo único que va a ver es fuego y humo. Pero si uno observa detenidamente se observa, que de un único punto de ignición, se ha formado la característica elipse, con cabeza (a favor), cola (en contra) y flancos. El test nos da datos sobre la dirección de la cabeza y del humo. El color del humo indica el grado de humedad de los combustibles. También podemos observar la longitud de llama que desarrolla en cada sector y la velocidad a la que se

quema el combustible. Si el combustible está húmedo quemará lentamente, generando mucho humo blanco. Además si es humedad por agua residual de lluvia (de unos días antes) observaremos el mantillo excavando en toda su profundidad para ver el grado de consecución de la combustión.

Esto nos indicará si podemos o no utilizar un tipo de patrón de ignición u otro. Esto lo vemos a continuación.

4.5.- PATRONES DE IGNICIÓN

Los diseños de ignición son la combinación apropiada de las distintas técnicas de ignición para lograr el comportamiento adecuado del fuego.

Una parcela o sector puede ser quemado mediante diferentes diseños de ignición, ya que los mismos pueden irse modificando de acuerdo a la topografía y las condiciones ambientales. En este manual se expondrán los patrones de ignición más frecuentemente utilizados: Fuego de cabeza, de cola, por fajas, por puntos y de flancos. Existen otros patrones de ignición (anillos concéntricos,...) que no vamos a explicar en este manual.

Fuego de cola, de retroceso o de recula

Debido a que por su baja intensidad y baja velocidad de propagación el fuego en retroceso es fácil de 'manejar', por lo que es el utilizado por equipos de quemas principiantes, sobretudo bajo arbolado.



Figuras 45: Fuego de cola en una quema de restauración de pinar. Foto: D.D. Fababú, 2006.

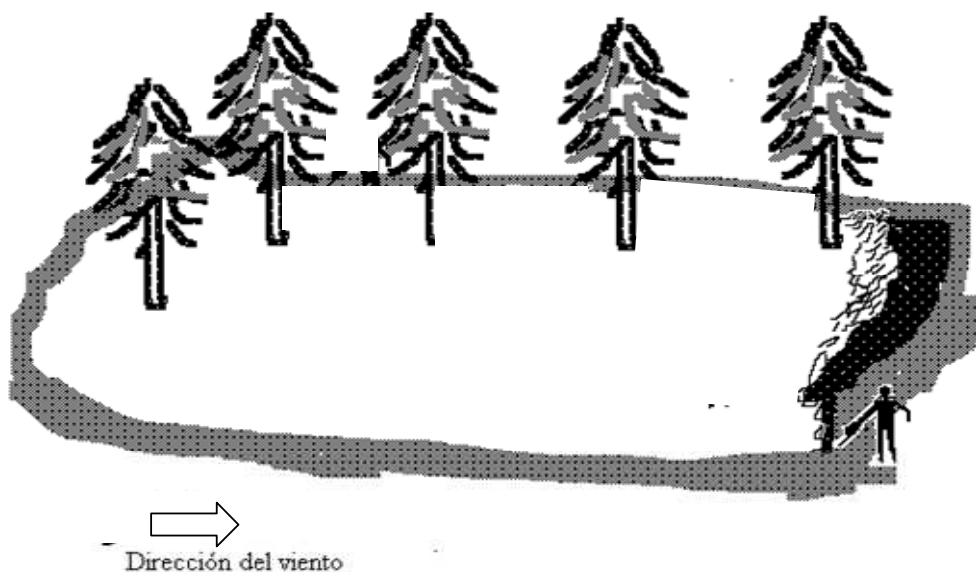
En la gran mayoría de quemas prescritas, este será el patrón de ignición que se utiliza al inicio de la quema. Sirve para ensanchar la línea de control (línea de defensa, carretera, camino, zona rocosa, campo de cultivo,...) que queda en la parte superior de la quema (tanto por viento como por pendiente). Es el momento y la zona de la quema más delicada y peligrosa por el riesgo de piroescapes (por radiación, convección, pavesas,...) por lo que es necesario utilizar el patrón de quema más manejable y que tiene un comportamiento menos extremo.

El *modus operandi* del inicio de la quema es aplicar fuego justo en el extremo superior, pegado a la línea de control, ya que así el fuego no tiene recorrido con comportamiento de cabeza y va ensanchando dicha línea con comportamiento de cola. Una vez establecida la franja de seguridad se pueden emplear el resto de patrones de ignición.

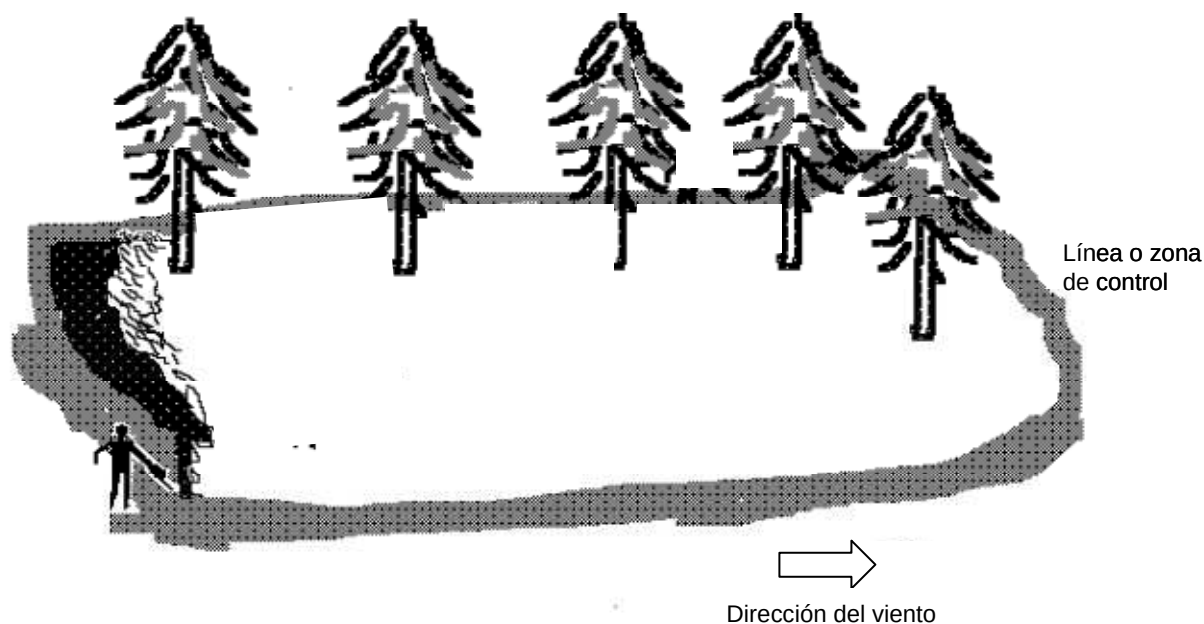
El patrón de cola también se utiliza para las quemas bajo arbolado cuando la ventana de prescripción está muy ajustada por bajas humedades, altas temperaturas y/o acumulaciones importantes de combustible.

Este tipo de fuego consume mayor proporción de combustibles muertos, debido a su mayor tiempo de residencia de la llama. Sin embargo, se debe tener en cuenta que debido a su menor velocidad posee un tiempo de residencia mayor por lo que puede dañar mejor la base de los fustes, el suelo y las raíces o las partes bajas de las copas (solo si radia lo suficiente), hecho que puede tener consecuencias negativas. Normalmente es el fuego que más vegetación deja sin tocar, apareciendo la superficie al final quemada por partes.

Tiene la limitación de su baja eficiencia en cuanto a superficie tratada por día, ya que su velocidad de avance es muy lenta. Es recomendable en parcelas cargadas y difíciles de ejecutar en combinación con otros patrones. Ideal para la quema de montones.



Fuego de cabeza o frontal



Al contrario del fuego de cola, este es el patrón de ignición, es el que presenta un comportamiento más extremo, por lo que las longitudes de llama y velocidades de avance serán las que generalmente tengan unos valores más altos (ver figura 46).

Este patrón se utiliza frecuentemente en pastos y zonas abiertas que no poseen arbolado, por lo que las copas no se ven comprometidas por el fuego. Lo más importante de este tipo de quemas es dimensionar la línea o zona de control donde el fuego va llegar, y si estas son lo suficientemente anchas para resistir y evitar que el fuego se pase, quemando fuera de la parcela.



Figuras 46: Fuego a favor para cerrar la parcela, al terminar. Foto: D.D. Fababú, 2006.

Bajo arbolado también se puede utilizar si se quiere conseguir quemas de alta intensidad con la afección o mortalidad a los árboles. En estas quemas no se aplica fuego con comportamiento de cabeza en toda la parcela, sino que se puede ir haciendo en “oleadas” o por zonas.

También se aplica este patrón de ignición bajo arbolado obteniendo comportamientos de media y baja intensidad. Esto se da cuando la carga de combustible es muy pequeña (modelos 8 y 9, pinocha u hojarasca bajo arbolado) y/o cuando las condiciones de humedad y/o condiciones antecedentes son benignas (humedades relativas altas, lluvia en los días previos a la quema,...). Ante estas circunstancias las longitudes de llama pueden ser moderadas aun utilizando este patrón.

Las limitaciones de este patrón de ignición, a parte de las ya comentadas de altas longitudes de llama y elevadas velocidades de avance, es el bajo tiempo de residencia en la llama, que puede quemar un combustible sin llegar a consumirlo. Por otra parte utilizaremos esta baja residencia para provocar el menor daño a especies que queramos proteger.

Fuego por fajas, bandas o *strips*

En esta técnica se emplean los dos comportamientos de fuego anteriores. La primera antorcha enciende un fuego en retroceso a partir de una línea de control, mientras que la segunda generará un comportamiento de cabeza.



Figura 47: Fuego por fajas horizontales con ancho respecto a la anterior de 3 a 4 m. Foto: D.D. Fababú, 2006.

Luego que el fuego en retroceso encendido por la primera antorcha ha cubierto cierto espacio a lo largo y a lo ancho, la segunda antorcha inicia otra línea de fuego a cierta distancia de la primera, en forma escalonada.

Como se puede observar, la distancia entre las dos líneas de fuego nos determinará la intensidad del fuego. A igualdad de carga de combustible, la longitud de llama vendrá determinada por el ancho de faja.

Esto vendrá dado por el recorrido que dejemos a hacer al fuego en comportamiento de cabeza. Esto se puede explicar en los siguientes esquemas. Como ya hemos explicado antes, cuando aplicamos fuego se la llama va creciendo con la distancia desde la ignición (zona verde), pasando por la aceleración (zona amarilla) hasta la estabilización (zona roja).

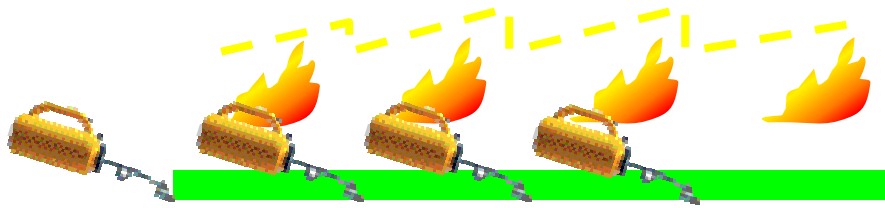


Cada zona tendrá una longitud de llama determinada, de menos (verde) a más (roja). Si el plan de quema determina que hay que quemar con longitudes de llama altas entonces elegiremos la distancia en que la llama llegue a la zona roja.

Ahora bien, si queremos tener una longitud de llama menor, impediremos que la llama llegue a la zona roja acortando el ancho entre antorchas, es decir, el ancho de faja. Esto se puede observar a continuación.



Si aun así queremos tener una longitud de llama mucho mas pequeña, acortaremos la distancia entre antorchas, dando como resultado una quema siempre en la zona verde.



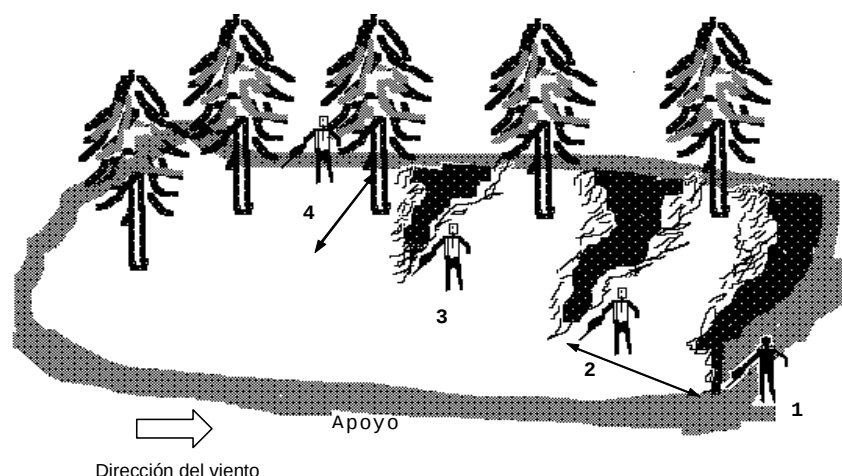
También nos podemos encontrar que el combustible no sea homogéneo en la parcela, lo que provocará que a un mismo de faja tengamos longitudes de llama diferentes. En este caso, a mayor carga de combustible las fajas serán más cortas y viceversa cuando el combustible sea escaso.

Por último, debe tenerse en cuenta que debido a la succión, cuando convergen las fajas las llamas tienden a ser más largas en ese punto y por ende la intensidad del fuego, lo que puede dañar al arbolado (efecto parrilla) (ver figura 48).



Figura 48: El quemador no ha sabido leer la combinación carga de combustible-zona insolada para adaptar su patrón de quema generando tras su paso una potente parrilla que quedará reflejada en el socarrado de las copas. Foto: D.D. Fababú, 2006.

El diseño en franjas es uno de los más populares debido a su flexibilidad de adaptación a distintas situaciones de topografía, combustibles y meteorología. Hay que tener en cuenta que la dirección del viento tiene que ser perpendicular con respecto al área a quemar, por lo que iremos "basculando" la quema a medida que va girando el viento.



Cuando la primera antorcha y las sucesivas encienden de manera coordinada, una detrás de otra se denomina quema por fajas en Tándem. El primero avanza hasta encontrarse con el fuego en retroceso de la primera antorcha y allí finaliza. Lo mismo sucede con el segundo, que se extingue al toparse con el fuego frontal de la antorcha siguiente. Este tipo de quema genera altos rendimientos y un efecto multiplicador, ideal cuando el combustible no está muy disponible. Las líneas se refuerzan a medida que se desarrollan.



Figuras 49- 52: Quema de pastos con cuatro antorchas en tándem, por fajas horizontales. De una pasada se ensancha sobre la carretera alrededor de 40 m. En la siguiente pasada, fotos inferiores el ensanche es mucho mayor. Foto: F. Grillo, 2004.

Fuego por puntos

La técnica de ignición de fuego puntos consiste en el mismo proceder que el fuego por fajas pero en lugar de hacer líneas perpendiculares al viento o pendiente se realizan puntos.

Las diferencias entre el fuego por puntos y el fuego por fajas son principalmente dos:

El fuego por puntos genera una superficie muy pequeña con comportamiento de cabeza a su vez que genera comportamiento de flancos. El fuego por fajas genera una superficie mucho más ancha en comportamiento de cabeza y no genera fuego de flancos.

Si analizamos el fuego por fajas se podría definir como fuego por puntos muy juntos. La diferencia entre puntos juntos (fuego por fajas) y puntos alejados (fuego por puntos) es que el primero los puntos se retroalimentan, por radiación y convección, calentando la superficie aledaña de unos y otros muy rápidamente.

Por tanto el fuego por puntos es mucho menos agresivo que el fuego por fajas, lo que se materializará en una menor longitud de llama y menor velocidad de propagación.

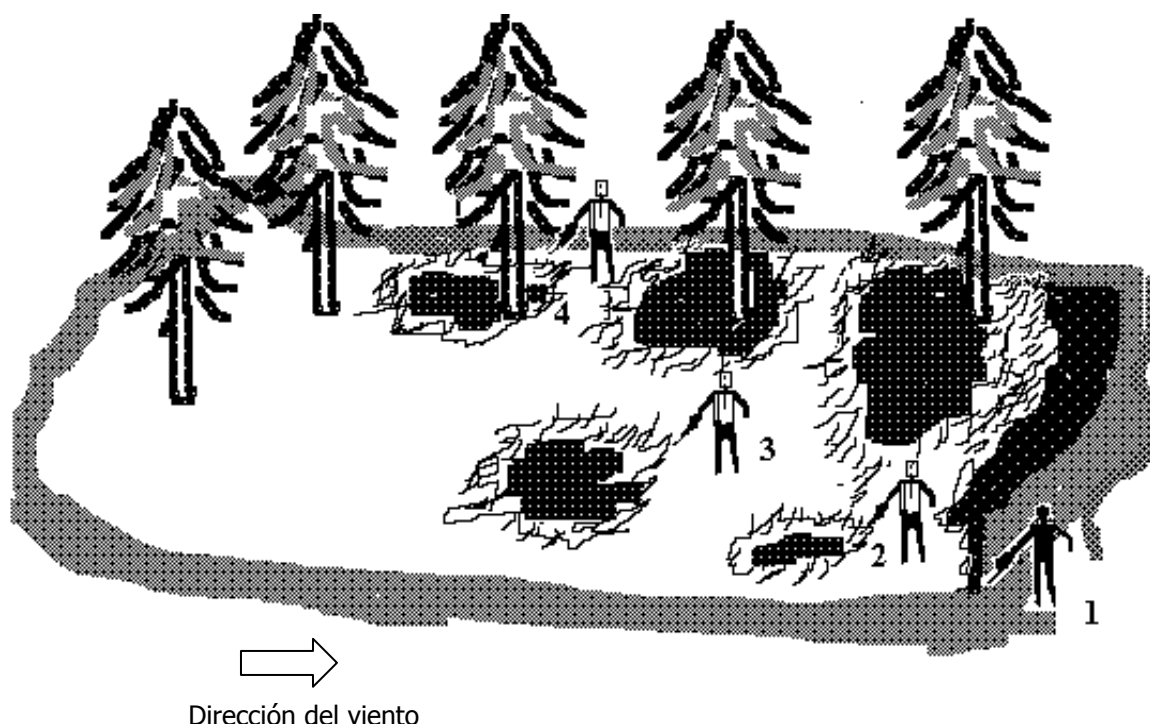


Figura 53: Quema por puntos. Este tipo de patrón permite afinar mucho la técnica al ser más selectiva, toda vez que se aumentan los rendimientos al poder alejarse de la pasada anterior.
Foto: D.D. Fababú, 2008.

En este diseño se emplean los tres tipos de fuego, es decir de cola, de cabeza y de flanco. Por esa razón, algunos autores piensan que su intensidad general está entre el fuego en retroceso y el frontal (Ronde et al. 1990). Para que ello ocurra, la convergencia debe ocurrir primero entre la línea de fuego frontal y en retroceso, y posteriormente los fuegos de flanco. La convergencia ocurre entonces entre puntos en vez de frentes.

Se puede encender 'puntos' de fuego en forma de cuadrícula, de forma alterna entre fajas, lo que se denominará al tresbolillo.

Este patrón se utiliza frecuentemente en quemas bajo arbolado, ya que gasta menos combustible y es más rápido y sencillo de aplicar (que no velocidad de propagación). También se utiliza cuando el fuego por fajas es demasiado "agresivo". Un ejemplo claro se da cuando hay demasiada carga de combustible sin casi combustible fino muerto disponible. El fuego con patrón de cola se apaga frecuentemente ya esta no es capaz de poner disponible el fino y al aplicar fuego por fajas, estas generan demasiada intensidad. Si no se quiere recurrir a fajas muy juntas (inviable, ya que se cansa el personal de quema) se utiliza el patrón por puntos más espaciados.



Fuego por flancos

Esta técnica de ignición se caracteriza por realizar líneas o puntos paralelos al viento general o en línea de máxima pendiente. Se generan principalmente un comportamiento de flancos, intermedio entre el comportamiento de cabeza y el comportamiento de cola.

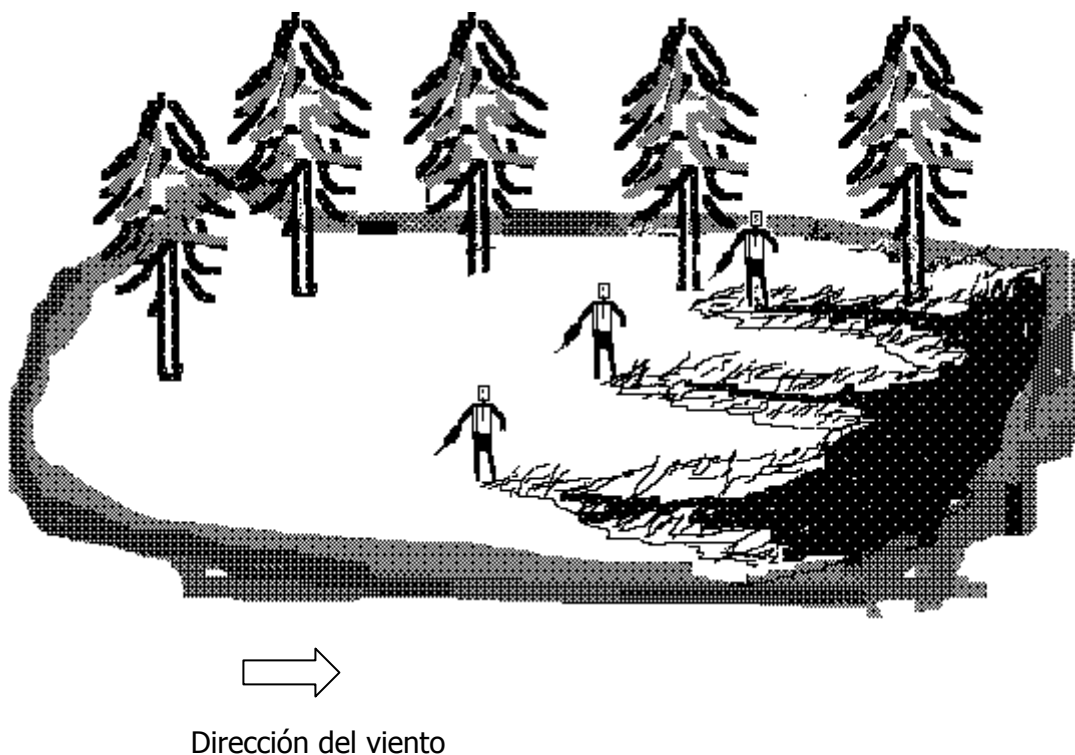


Figura 54: Ignición por flancos. Al inicio las llamas convergen sobre sí mismas. Según la superficie de quema se abre hacia los lados las llamas se independizan, verticalizándose para luego verse succionadas por las de los flancos de los lados. Foto: D.D. Fababú, 2007.

Para el éxito de este diseño, el personal con antorchas debe avanzar en líneas paralelas. Ello requiere coordinación y conocimiento del fuego, así como comunicación entre el jefe de ignición, el personal de ignición. El que prende primero siempre tendrá que ir más avanzado que los quemadores.



Figura 55: Ignición por flancos de toda la parcela hasta la parte baja. Foto: D.D. Fababú, 2006.



Este patrón requiere quemar toda la parcela de golpe, sin pausas, ya que si no una parte de la parcela estaría ardiendo con un fuego activo de flancos, y la otra parte de la parcela, contigua, estaría sin arder. Hay dos casos en que no hace falta poner a arder toda la parcela:

- Que todos los quemadores se paren al llegar a una línea imaginaria predeterminada paralela a la línea de máxima pendiente.
- Que el combustible no genere suficiente longitud de llama como para comprometer la seguridad de los quemadores. Esto se da en modelos de combustible fino de pastos (modelo 1) o modelos de hojarasca bajo arbolado (8 y 9), cuando las condiciones meteorológicas son benignas (elevadas humedades relativas sobretodo).

Aun siendo uno de los patrones de ignición más extremos, se puede utilizar en modelos de combustible con mucha carga, por ejemplo modelos 11 o 12, siempre que las condiciones de humedad sean anormalmente altas.

Una de las ventajas de este tipo de patrón es la rapidez en que se quema la parcela, lo que aumenta la eficacia y disminuye los costes.

Un caso particular en que se utiliza este tipo de fuego es en los flancos de la misma quema, estos generalmente se sitúan más bajos (mirando la pendiente) que el frente general de la quema.

Esto se hace por seguridad. En este caso el fuego de flanco aplicado en el límite de la línea de defensa será succionado hacia el interior de la quema, evitando así piroescapes fuera de la parcela.



Figura 56: En los laterales de la quema se suele “bajar el flanco” para provocar la succión hacia adentro de la parcela, lo cual mejora la seguridad del ensanche sobre la línea de defensa. Foto: UOFF. Equipos Presa, 2006.

Otros patrones de ignición

Existen otros patrones de ignición que no trataremos en este manual. A modo de ejemplo recordar los anillos concéntricos, utilizados frecuentemente en la quema de grandes parcela de pastos, muy utilizados en Argentina.



Figuras 57 y 58: Quema mediante anillo concéntrico sobre rastrojos para la mejora de la producción de forrajes para ganado en Argentina: Foto: A. Güiraldes, 2002.



5.- EVALUACIÓN DE UNA QUEMA PRESCRITA

Las quemas prescritas, al igual que toda otra actividad forestal debe ser evaluada una vez ejecutada. Las razones para la realización de esta evaluación son:

- Determinar si los objetivos perseguidos fueron cumplidos satisfactoriamente; y
- Capitalizar la experiencia obtenida y perfeccionar los futuros planes, las técnicas escogidas, y la ejecución de las operaciones requeridas para futuras oportunidades.

Aspectos a considerar en la evaluación de las quemas:

- Cumplimiento de los objetivos de la prescripción.
- Formulación del plan de quema
- Técnicas de ignición aplicadas.
- Efectos del fuego.
- Recursos asignados.

Cumplimiento de los objetivos de la prescripción.

La aplicación de la quema puede estar orientada hacia uno o varios objetivos o propósitos tales como la reducción de los combustibles, preparación del sitio para la regeneración, ya sea natural o implantada, control de plagas y enfermedades, mejoramiento de la accesibilidad, mantenimiento de cortafuegos, etc.

Algunos de los objetivos pueden ser evaluados inmediatamente finalizada la quema y las actividades de liquidación.

Ejemplo de esto es cuando se realiza para la reducción de combustibles para la prevención de incendios. En otros objetivos, tales como el impacto ecológico del fuego en el desarrollo de la vida silvestre requerirá un período de tiempo más amplio.

Lo importante es que en la oportunidad que corresponda o sea posible ya sea a corto, mediano o largo plazo la evaluación sea llevada a cabo.

El balance de los resultados positivos y negativos debe ser considerado como antecedentes de importancia para la aplicación de futuras quemas prescritas o controladas.

Evaluación del plan de quema

Los resultados de la quema dependen en gran medida del diseño que se le haya dado al plan, y el cumplimiento efectivo de las prescripciones establecidas. Ambos casos deben ser considerados, y el análisis se debe concentrar en los siguientes puntos:

- Definición del o los objetivos. Se debe analizar si fueron o no apropiadamente definidos en relación a las condiciones ambientales, del combustible y de la topografía del terreno.
- Descripción del área. Los antecedentes recolectados en lo referente a los combustibles, topografía, clima, deben revisarse con el fin de conocer si fueron completos y suficientes para sustentar la quema.
- Comportamiento del fuego. Se debe evaluar si durante el desarrollo de la quema la velocidad de avance, modelo de propagación, etc. se desarrolló de acuerdo a lo previsto.
- Preparación del terreno. Todo lo referente a las acciones que se han realizado en lo referente a la realización de los cortafuegos, ordenamiento de los combustibles, etc.
- Pronóstico del tiempo. Debe determinarse si las condiciones meteorológicas que existieron durante el desarrollo de la quema fueron adecuadamente pronosticadas. En caso de ser negativo, es necesario revisar la fuente de los mismos.
- Técnicas de ignición. Es importante si la elegida y aplicada fue la correcta.
- Recursos asignados. Aquí el análisis se debe concentrar no solo en si fueron suficientes o no, sino además en la relación costo beneficio riesgo.
- Medidas de seguridad. Las medidas de seguridad del personal interviniente en la operación, como así también las medidas tomadas con respecto a la seguridad de terceros.

Evaluación de la técnica de ignición

Es necesario determinar si la o las técnicas de ignición aplicadas fueron las apropiadas para:

- Objetivos de la quema.
- Condiciones meteorológicas antecedentes.
- Topografía del terreno.
- Características y estado del combustible.

- Disponibilidad de personal, y equipamiento.
- Seguridad del personal.

Evaluación de los efectos del fuego

Dependiendo de los objetivos planteados, deben identificarse y medirse los efectos producidos por el fuego.

Efectos a evaluar:

- Material combustible consumido.
- Efecto en las propiedades del suelo.
- Efectos ecológicos y en la vida silvestre.
- Efectos sobre los cursos de agua.
- Efectos sobre la accesibilidad.

Estimación de efectos:

Algunos pueden ser evaluados en el corto plazo, otros requerirán de más tiempo. La evaluación de los efectos puede realizarse comparando situaciones antes y después de la quema. También pueden realizarse comparaciones con terrenos aledaños cuando éstos son similares a los tratados.

Evaluación de los recursos asignados

En la realización del Plan de Prescripción de la quema se asignaron recursos humanos y materiales. Estos deben ser evaluados tanto en cantidad como en calidad, organización y costo.

Personal:

- Cantidad.
- Especialidades y capacitación.
- Organización.
- Equipamiento.
- Tipos.
- Cantidades.
- Uso o aplicación.
- Apoyo logístico.

Presupuesto.

Basándose en valores estandarizados por unidad de superficie se debe evaluar en cuanto se aproxima cada ejecución. Es importante tener presente que ninguna quema es igual a otras, solo parecida.

Recolección de datos.

Para favorecer la evaluación es necesario la toma de datos para lo cual y a los efectos de tomar valores estandarizados es conveniente tomarlos siempre en planillas para tal fin.

6.- BIBLIOGRAFÍA

FABABÚ D.D., GRILLO F., GARCÍA-MARCO D. & MOLINA-TERRÉN D.M. 2007. Caracterización de las quemas prescritas en Gran Canaria. Valoración de 5 años de experiencia. Revista Incendios Forestales Mayo 2007. <http://www.incendiosforestales.com/if16.pdf>

FABABÚ D.D. 2007. Incendio de rayo del 12-13 de enero de 2007 en la isla de la Palma (Islas Canarias). Inédito

FERNANDES P., BOTELHO H., LOUREIRO C. 2002. Manual de Formação para a Técnica do Fogo Controlado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real (Portugal).

GARCÍA-ARRAFÁN, M^a., PALMA, V., GRILLO, F., GÓMEZ, L., SEPTIEM, D. 2008. "Gestión de Las Emergencias Extraordinarias". Grado Superior de Gestión de Seguridad y Emergencias. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Vicerrectorado de Ordenación Académica y Espacio Europeo de Educación Superior. ISBN: 978-84-96971-68-4

GRILLO, F., QUESADA, C. 2008. Manual de Autobombas Forestales. Academia Canaria de Seguridad. Gobierno de Canarias. Curso 40 horas.

GRILLO, F., CASTELLNOU, M., MOLINA, D., MARTÍNEZ, E., FABABÚ, D. 2008. "Análisis del Incendio Forestal: Planificación de la Extinción". Editorial AIFEMA.

GUILLERMO J. 1999. Apuntes de uso del fuego en actividades silvoagropecuarias, Ingeniería Forestal. Universidad de Chubut. La Patagonia. Argentina

KOONST, C. 1996. Introducción a la ecología del fuego y manejo del fuego, INTA – UNSE. Rep. Argentina.

KOONST, C. *et al.* 2003. Fuego en los Ecosistemas Argentinos. INTA. Rep. Argentina.

MARTÍNEZ RUÍZ, E. 2001. Manual de quemas Controladas. TRAGSA, Mundi Prensa. 175 p.

MOLINA TERRÉN, D. 1997. Quemas Prescritas y su simulación. Primer seminario Nacional del Estado de la Investigación y Desarrollo en la Protección contra incendios Forestales en España. Universidad de Santiago. Lugo 20-21 Marzo 1997: 147-158.

MOLINA TERRÉN, D. 2000. Planes de Quema. Prescripciones. La Defensa contra Incendios Forestales: Fundamentos, y Experiencias. McGraw-Hill 1400p Domingo Molina Terrén, Profesor de "fuegos forestales", Universidad de Lleida – 14.42-14.61.

MOLINA TERRÉN, D. 2000. El fuego prescrito. Actualizado del capítulo del mismo título y autor publicado en: Vélez, R. ed., 2000. La Defensa contra Incendios Forestales: Fundamentos, y

Experiencias. McGraw-Hill 1400p Domingo Molina Terrén, Profesor de "fuegos forestales", Universidad de Lleida – p. 2 de 26

MOLINA, DM, y POUS, E. 2006. Plan Integral de Prevención de Riesgo Laborales en incendios forestales del dispositivo contra incendios forestales del Cabildo insular de Gran Canaria. Responsable del Convenio TRAGSA-Gran Canaria / Universidad de Lleida

MOLINA, D.M. GRILLO-DELGADO, F. GARCIA-MARCO, D, 2006. Uso del fuego prescrito para la creación de rodales cortafuegos: estudio del caso "Las Mesas de Ana López", Vega de San Mateo, Gran Canaria, España. Invest Agrar: Sist Recur For (2006) 15(3), 271-276, Madrid [http://www.inia.es/gcontrec/pub/271-276-\(15\)-Uso_del_fuego_1166008640062.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/271-276-(15)-Uso_del_fuego_1166008640062.pdf)

POUS-ANDRES, E. y MOLINA, DM. 2007. Método para la prevención de riesgos laborales de las quemas controladas y los contrafuegos. MAPFRE SEGURIDAD Nº 105 Primer Trimestre 2007: 33-44, Fundación MAPFRE, Madrid (<http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n105-art3-incendios.pdf>)

ROTHERMEL, R. 1972. A mathematical model for fire spread predictions in wildlands fires. Res. Pap. INT-115 USDA Forest Service. 40 p.

VEGA HIDALGO, A. 2001. Manual de quimas prescritas para matogueiras de Galicia. Colección Técnica Medio Ambiente. Xunta de Galicia.