PROYECTO DE MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE
BOLFOR

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación

Guía para la Realización de Quemas Controladas

Todd S. Fredericksen
Deborah Kennard

Santa Cruz, Bolivia
1999

Copyright©1998 by
Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)

Las opiniones y juicios técnicos expresados en las publicaciones del Proyecto BOLFOR, son emitidos por los consultores contratados por el proyecto y no reflejan necesariamente la opinión o políticas de la Secretaría Ejecutiva del PL480 o de USAID

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla # 6204
Santa Cruz, Bolivia
Fax: 591-3-480854
Tel: 480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Citación: BOLFOR; Fredericksen, T.S.; Kennard, Deborah. 1999. Guía para la Realización de Quemas Controladas. Santa Cruz, Bolivia

REVISIÓN DE TEXTO:	Ramiro Duchén
TRADUCCIÓN:	Daniel Nash
DISEÑO/DIAGRAMACIÓN:	Delicia Gutiérrez
DISEÑO DE LA PORTADA:	Daniel Nash
FOTOGRAFIAS:	Todd S. Fredericksen

Para la reproducción íntegra o en parte de esta publicación se debe solicitar autorización al Proyecto BOLFOR.

Impreso en Editora El País
Dirección: Cronembold No. 6
Teléfono 343996 Santa Cruz, Bolivia

Impreso en Bolivia - Printed in Bolivia

BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y PL480 en convenio con MDSP

Indice

Capítulo I
Las Quemas como
Instrumentos para el
Manejo Forestal

Introducción 1
Beneficios y Limitaciones 2
Costos de las Quemas 5

Capítulo II
Aspectos Básicos de las
Quemas Controladas

Tipos de Quemas 7
Consideraciones sobre el Tipo de
Quema a Utilizarse 11
Comportamiento del Fuego 12

Capítulo III
Preparación Previa a las
Quemas

¿Cuándo se deben Efectuar las Quemas? 16
Construcción de Barreras Cortafuego y
Delimitación de las Areas a ser Quemadas 17
Preparación de las Cargas de Materia
Combustible 19
Adiestramiento, Seguridad y Supervisión
del Personal 22

Indice

Capítulo IV
Realización de las Quemas

Condiciones para la Realización de las Quemas 23
Inspección previa a la Realización de las Quemas 24
Inicio de las Quemas 25
Vigilancia y Finalización de las Quemas 28
Evaluación de las Quemas: Inventarios Post-quema 30

Referencias Bibliográficas 34

Capítulo I

Las Quemas como Instrumentos para el Manejo Forestal

Introducción

Aparte de su extenso historial de aplicación en los bosques templados, el fuego se ha utilizado para el manejo forestal en el trópico por varias razones, entre las que se incluye la reducción de la vegetación competidora, la preparación de sitios para el plantío o la siembra, el control de insectos y enfermedades, y la reducción de la carga de materia combustible para evitar o controlar los incendios forestales (ITTO 1997). En Bolivia, los pueblos indígenas han utilizado el fuego, desde la antigüedad, para desmontar el bosque y establecer cultivos temporales. Las quemas también se han aplicado, tradicionalmente, para el desmonte con fines agrícolas y de colonización, así como para revitalizar los pastos forrajeros en pasturas. Es obvio que el uso del fuego no es algo nuevo para el manejo de suelos en Bolivia, sin embargo, existe muy poca experiencia sobre la utilización de quemas controladas como instrumento silvicultural para el control de vegetación competidora y el estímulo de la regeneración de árboles comerciales en bosques manejados. La presente guía ha sido concebida con el fin de ayudar a las personas a cargo del manejo forestal a determinar la necesidad del uso de quemas controladas para promover la regeneración

del bosque, conocer los costos y beneficios de las quemas, y familiarizarse con los métodos de aplicación de éstas.

Beneficios y Limitaciones

Cuando se aplican correctamente en determinados tipos de bosque, las quemas controladas pueden mejorar la regeneración arbórea mediante el control de las especies vegetales competidoras y el aumento de la disponibilidad de elementos nutritivos esenciales, tales como nitrógeno, fósforo y potasio. En Bolivia, varias especies de árboles, especialmente heliófitas, generalmente requieren de claros grandes, relativamente libres de vegetación competidora, para regenerarse con éxito (Fredericksen 1998, Fredericksen *et al.* 1998, Mostacedo *et al.* 1998). Estas mismas especies pueden tener, también, la capacidad de sobrevivir incendios forestales mediante el rebrote vigoroso a partir de sistemas radiculares que se mantienen intactos posteriormente a la quema. Un ejemplo, fácil de observar, de regeneración exitosa posterior a los incendios son los chacos de la región de la Chiquitania boliviana, los cuales son desbrozados y quemados temporalmente para la agricultura, para luego ser abandonados. En estos chacos abandonados (llamados barbechos) generalmente se produce una abundante regeneración de árboles de importancia comercial, tales como cedro (*Cedrela fissilis*), curupaú (*Anadenanthera colubrina*), tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*), tajibo (*Tabebuia impetiginosa*) y cuchi (*Astronium urundeuva*), especies que no son del todo comunes en el sotobosque de los bosques sin alterar (Kennard 1998).

Si bien las quemas controladas pueden funcionar adecuadamente en ciertos bosques, éstas podrían ser demasiado costosas, perjudiciales o riesgosas en otros. Es esencial que las personas a cargo del manejo forestal no empleen el fuego sin una cuidadosa consideración de sus posibles beneficios e impactos negativos (Cuadro 1). Las quemas controladas deberán prescribirse sólo cuando exista la necesidad de

alterar el curso presente de la regeneración; por ejemplo cuando el establecimiento y crecimiento de las especies valiosas es lento o no se produce.

Cuadro 1. Beneficios y riesgos de las quemas controladas

Beneficios esperados	Riesgos potenciales
* Eliminan las especies vegetales que compiten con la regeneración de árboles comerciales.	* En ciertos casos, también pueden promover el crecimiento de malezas, tales como bejucos.
* Promueven la regeneración de especies heliófitas.	* Pueden evitar la regeneración de ciertos árboles tolerantes a la sombra (esciófitas), sensibles al fuego.
* Generalmente su aplicación tiene bajo costo en áreas extensas.	* Pueden ser costosas si no se aplican adecuadamente y se producen incendios forestales.
* Incrementan la mineralización de nutrimentos.	* Las quemas intensas pueden dañar los suelos, y destruir los bancos de semillas y la fauna edáfica.
* Son útiles para la eliminación de residuos del aprovecha-miento, los cuales pueden inhibir la regeneración.	* La pérdida de residuos o de cobertura vegetal puede exponer el suelo a la erosión.

En los bosques donde la regeneración de especies valiosas es suficiente dentro del sotobosque o en claros de corta, las quemas no aumentarán significativamente la abundancia de ésta, sino que, por el contrario, serán perjudiciales, matando los plantines y brinzales de los árboles comerciales. En cambio, el fuego se deberá utilizar en lugares donde la infestación de bejucos u otra maleza inhiba o evite la regeneración arbórea y donde existan pocas posibilidades de que otros medios, tales como cambios en las técnicas de aprovechamiento, desbroce mecánico o uso de herbicida, proporcionen una regeneración adecuada.

Muchos administradores de uso del suelo y profesionales forestales podrán oponerse a la idea del uso de quemas controladas debido a que los incendios forestales incontrolados constituyen una seria amenaza para la integridad económica y el valor económico de los bosques. Uno de los aspectos más negativos de las quemas controladas es el riesgo potencial de escape de éste y los consecuentes daños, que pueden superar a los beneficios económicos derivados por el posible aumento de la regeneración arbórea. Los incendios incontrolados y de alta intensidad, generalmente causados por humanos, no sólo pueden destruir la madera en pie, sino que también podrán atrasar por años la regeneración de los árboles, debido al daño causado a los suelos y el estímulo del crecimiento de maleza. Los bejucos y otra maleza del bosque pueden invadir rápidamente los sitios quemados (Pinard *et al.* 1998) y dominarlos durante años. Se requerirán décadas para que las especies forestales comerciales, cuyas fuentes locales de semilla han sido destruidas, se restablezcan en dichas áreas degradadas. Sin embargo, cuando se utilizan bajo condiciones apropiadas y de forma segura, las quemas controladas pueden tener varios resultados favorables y ser un instrumento silvicultural eficiente. Es responsabilidad de la persona a cargo del manejo forestal decidir cuándo, dónde y en qué condiciones usar las quemas controladas.

Costos de las Quemas

Si bien las quemas controladas son más baratas que otros tratamientos, el costo económico de su implementación no es insignificante. El equipo para la preparación y aplicación del fuego y su posterior control incluye herramientas básicas (hachas, rastrillos, palas), motosierras, lanzallamas y equipo para la extinción de incendios (mochilas para el transporte de agua y mochilas fumigadoras). La mano de obra para construir cortafuegos, desbrozar las distintas áreas para incrementar su carga de materia combustible y supervisar las quemas controladas es, generalmente, más costosa que los materiales. Luego, existen los costos adicionales del combustible para encender el fuego y para los vehículos de apoyo. Las quemas sólo se pueden usar con éxito en áreas donde existe abundancia de materia seca combustible para alimentar y transportar el fuego. En ciertos bosques secos, el fuego podrá desplazarse fácilmente a través del bosque con muy poco corte y secado adicional de la vegetación. Sin embargo, en regiones más húmedas, posiblemente los costos de preparación para las quemas serán más altos, debido a los costos de mano de obra que implica el corte de la vegetación, necesario para acelerar el secado de la materia combustible. En un estudio recientemente efectuado en la provincia Ñuflo de Chávez del departamento de Santa Cruz, se calcularon los costos de aplicación de quemas controladas para promover la regeneración en claros recientemente aprovechados. Dichos costos, que incluyen equipo y mano de obra, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Costos ($U.S.) de las quemas controladas para claros de 400 m^2 en una concesión forestal en Bolivia. Datos de Ramírez (1998).

Tarea	Mano de Obra	Materiales	Total
Desbroce	5.31	0.95	6.26
Preparación de cortafuegos	3.42	0.27	3.69
Realización de quemas	2.57	1.07	3.64
Total	**11.30**	**2.29**	**13.59**

Capítulo II

Aspectos Básicos de las Quemas Controladas

Tipos de Quemas

Las quemas controladas se categorizan según la dirección en que éstas arden con respecto al viento. El fuego se propaga en la dirección en la que existen combustibles orgánicos secos (troncos, hojas, ramas pequeñas, etc.) para alimentar su desplazamiento. La dirección y velocidad del viento determinan la velocidad con que el fuego se mueve. Se distinguen cuatro tipos básicos de quema, sobre la base del punto donde se inicia el fuego con respecto a la dirección del viento y la materia combustible disponible. Estos son: quemas de retroceso, quemas de avance, quemas laterales y quemas circulares (USDA 1989; Figura 1).

Las **quemas de retroceso** se inician en la sección de sotavento de la parcela y el fuego se mueve en contra de la dirección prevaleciente del viento. Debido a que se desplazan lentamente, las quemas de retroceso producen una combustión más completa de la materia orgánica que otras técnicas de quema. Estas quemas son limitadas, ya que la materia combustible debe encontrarse relativamente contigua y tanto la velocidad como la dirección del viento deben ser constantes. Sin embargo, cuando estas condiciones se cumplen, las quemas de retroceso son el tipo más fácil y

seguro de utilizar, además de que se pueden usar en caso de existir grandes cargas de materia combustible.

En contraste con las quemas de retroceso, las **quemas de avance** se inician en dirección a los vientos prevalecientes, de modo que el fuego se desplace en la misma dirección que el viento. Las quemas de avance, típicamente, se mueven de manera más rápida, pero no siempre resultan en una combustión completa de la materia combustible. Estas quemas, generalmente, se inician en una serie de líneas llamadas fajas de quema de avance. Esta técnica ofrece un mayor control, pues ninguna línea individual de fuego puede alcanzar un alto nivel de energía antes de llegar a un cortafuego u otra línea de fuego. Es importante que al usar quemas de avance se asegure la línea base (línea de control de sotavento) con un fuego de retroceso y se permita que éste se extinga.

Las **quemas laterales** se inician de forma perpendicular al viento y se mueven paralelamente a éste. Esta técnica se usa, a menudo, para asegurar los flancos de una faja de quema de avance o de retroceso, o para complementar las quemas de retroceso en áreas de poca materia combustible. Las quemas laterales, sin embargo, soportan muy poca variación de la dirección del viento y, por lo tanto, requieren un amplio conocimiento del comportamiento del viento.

La última técnica, **quemas circulares**, a menudo se usa para la quema de claros pequeños o residuos apilados del aprovechamiento, con el fin de reducir o eliminar los restos leñosos para el plantío y la siembra. Al igual que con todas las otras técnicas, la línea de control de sotavento se enciende primero con un fuego de retroceso. Una vez que esta línea base se ha asegurado, se encienden fuegos alrededor de la circunferencia de la parcela y se permite que éstos ardan hacia el interior. En ciertas ocasiones, se enciende primero el centro del área. La convección generada por las llamas del interior de la parcela ayuda a crear una corriente que atrae, hacia adentro, al círculo externo de fuego. Las condiciones climáticas no son tan importantes para las quemas circulares como lo son para otras técnicas de quema: éstas se pueden usar con vientos leves o variables o, aún, sin viento. Sin embargo, este tipo de quema crea

columnas de convección intensa, las cuales pueden causar pequeños fuegos a distancias considerables en dirección del viento. Una desventaja de las quemas circulares es la necesidad de iniciar el fuego en todo el contorno de las parcelas. Por consiguiente, las quemas circulares son manejables, usualmente, en parcelas relativamente pequeñas, tales como claros formados por el derribe de árboles. Es aconsejable dejar abierta una pequeña porción de las quemas circulares, para permitir que la fauna pueda escapar de las llamas.

Consideraciones sobre el Tipo de Quema a Utilizarse

Para determinar qué tipo de quema utilizar, es importante considerar varios puntos. Se deben tomar en cuenta los objetivos, la cantidad y distribución de la materia combustible, la topografía y el clima para decidir el tipo o la combinación de tipos de técnicas de quema que se utilizarán. Un objetivo común de las quemas controladas en los bosques manejados es la eliminación de la vegetación competidora. Las técnicas de quema con menor intensidad, tales como las de avance o retroceso, se pueden usar para controlar la competencia, no obstante cada una de éstas arderá de distinta forma y con resultados diferentes. Las quemas de retroceso se desplazan más lentamente, queman la materia combustible de forma más eficiente y producen menos humo que las quemas de avance. Por lo tanto, en lugares con vegetación tupida y grandes cantidades de materia combustible, las quemas de retroceso serán más fáciles de controlar y eliminarán la materia combustible de modo más eficiente. Las quemas de avance se desplazan más rápido, son más difíciles de controlar y consumen parcialmente la materia combustible. Sin embargo, si las cargas de materia combustible son reducidas y la vegetación rala, las quemas de avance tendrán un efecto más completo sobre la superficie afectada que las quemas de retroceso. Si la reducción del humo es importante, tal es el caso en áreas cercanas a caminos y poblaciones, las quemas de retroceso producirán la menor cantidad de humo. Si el objetivo de la aplicación de la quema es la eliminación de

residuos, tanto las quemas de retroceso como las circulares serán un medio eficiente para cumplir esta meta. Las quemas circulares, sin embargo, serán más seguras que las de retroceso ya que arden hacia adentro, confiriendo con el avance del fuego un mayor rompefuego entre las llamas y el exterior de la parcela quemada.

La intensidad del fuego tiende a incrementarse con el tiempo transcurrido desde su inicio, de modo que será riesgoso dejar que una quema de retroceso arda de un extremo a otro, con sólo un rompefuego en el lado más alejado de la parcela. En muchos casos, se desea controlar la competencia en el sotobosque, donde existe regeneración avanzada de especies comerciales. Siempre existe el riesgo de matar la regeneración avanzada con las quemas, particularmente plántulas y brinzales pequeños. Por consiguiente, se deberá decidir si el beneficio de controlar la competencia mediante las quemas supera los costos de eliminar cierta proporción de la regeneración avanzada. Si se decide efectuar la quema, se podrán escoger técnicas que reduzcan al mínimo la muerte de los árboles comerciales. El método más seguro para minimizar la mortandad de árboles brinzales y plántulas es retirar la materia combustible del área cercana a sus raíces, de modo que el fuego arda a su alrededor sin dañarlos. La altura de las llamas y la intensidad de la línea de fuego en las quemas de retroceso son menores que en las de avance y, por consiguiente, producirán una menor mortandad. En estos casos no se deben usar quemas circulares, debido a la alta mortandad causada por la intensidad del fuego, que se produce cuando las llamas convergen en el centro del círculo.

Comportamiento del Fuego

Es importante entender el comportamiento del fuego para lograr quemas eficientes y evitar su escape. Los tres factores más importantes para determinar el comportamiento del fuego son las características de la materia combustible, el clima y la topografía (USDA 1989). Tal como se señala en la anterior sección, el desplazamiento y comportamiento del

fuego están controlados por la cantidad y composición de la materia combustible y la dirección y velocidad de los vientos prevalecientes. Lógicamente, el fuego arderá con mayor intensidad en las áreas que contienen materia combustible más seca o en mayor cantidad.

Las características de la materia combustible que influyen en el comportamiento del fuego son: carga, tamaño y forma, disposición, estado de compactación, continuidad horizontal y vertical, y humedad de la materia combustible.

- *Carga de materia combustible:* Este término se refiere a la cantidad de materia combustible disponible para la quema, medida en kg/m^2. En general, a mayor disponibilidad de materia combustible, mayor la intensidad del fuego.

- *Tamaño y forma de la materia combustible:* La materia combustible, generalmente, se agrupa en categorías basadas en su proporción superficie a volumen. La materia combustible fina, tal como pastos y hojas, tiene proporciones muy altas, mientras que la materia combustible de mayor tamaño, tal como ramas grandes y troncos, tiene proporciones menores. La materia fina es más fácil de encender y transporta el fuego, mientras que la materia de mayor tamaño requiere más energía para encenderse y mantiene el fuego.

- *Estado de compactación de la materia combustible:* A mayor compactación de la materia combustible (menor espacio de aire dentro de la capa de material), mayor dificultad para encender el fuego y suprimirlo una vez que se ha iniciado.

- *Distribución de la materia combustible:* La materia combustible puede estar dispuesta de forma horizontal o vertical. El patrón de quema, generalmente, se puede predecir según la continuidad horizontal de la materia combustible que se encuentra en el

suelo; la materia dispersa causa quemas dispersas. La materia orientada verticalmente se quema más rápidamente que la dispuesta de forma horizontal. En los bosques tropicales, los combustibles verticales, generalmente denominados "combustibles-escalera" consisten en bejucos muertos colgantes, ramas muertas grandes y pastos altos. En ciertas áreas, especialmente bosques de pino en lugares secos, los combustibles-escalera son peligrosos, pues podrán permitir que el fuego alcance las copas de los árboles, situación que es extremadamente difícil de controlar y que causa tasas altas de mortalidad entre los árboles en pie. Además, cuanto mayor la altura de las llamas, mayor la posibilidad de que las brasas atraviesen los cortafuegos por acción del viento.

- *Humedad de la materia combustible*: La humedad de la materia combustible influye en el modo en que ésta arde. Cuando la materia combustible fina alcanza un 30% de humedad, el fuego tiende a arder lenta e irregularmente, mientras que la quema de esta misma cuando la humedad es inferior al 6% puede causar daños a las raíces y el suelo. La humedad ideal para la materia fina es de 5 a 15%.

Algunos de los aspectos más importantes del clima que afectan el comportamiento del fuego son la velocidad del viento y la humedad relativa.

- *Viento*: Las quemas controladas se comportan de manera pronosticable cuando la velocidad y dirección del viento son constantes. Las ráfagas y cambios de dirección del viento pueden alterar la intensidad del viento y/o la posibilidad de que el fuego se propague a otras áreas, ubicadas fuera de la zona de quema controlada. Las quemas de retroceso pueden convertirse,

instantáneamente, en quemas de avance con resultados opuestos a los inicialmente planificados.

- *Humedad relativa*: Cuando la humedad relativa desciende a menos del 30%, las condiciones se tornan peligrosas, incrementándose la posibilidad de que se produzcan fuegos aislados al otro lado de las líneas de fuego, mientras que si ésta es superior al 60%, las quemas se hacen dispersas e incompletas. La humedad relativa ideal para las quemas controladas oscila entre el 30 y 60%.

  La topografía influye en el movimiento del viento y tiene un papel importante en el comportamiento del fuego. El viento tiende a soplar con mayor rapidez cuesta arriba durante el día. Las personas que realicen quemas controladas en pendientes pronunciadas deberán tomar las precauciones necesarias y saber que el fuego se propaga más rápido en dicha dirección.

Capítulo III

Preparación Previa a las Quemas

Una vez que se ha decidido utilizar quemas controladas, es necesario efectuar preparaciones con bastante anticipación al inicio de éstas. El grado de preparación para la quema dependerá de la superficie y topografía del área a quemarse, las condiciones climáticas prevalecientes, y las cantidades, disposición y contenido de humedad de la materia combustible de cada sitio.

¿Cuándo se Deben Efectuar las Quemas?

Debido al riesgo de que el fuego se propague a los bosques circundantes, se recomienda, generalmente, llevar a cabo las quemas controladas a fines de la época de lluvias (Manassas *et al.* 1988). En Lomerío, no obstante, los chacos se preparan para las quemas a fines de la época seca y éstas se efectúan preferentemente durante un período seco posterior a la primera lluvia, pero anterior al inicio de las lluvias frecuentes que evitarían una quema completa. Para un control completo de la vegetación competidora, es mejor que estas plantas hayan salido del período de latencia al momento de aplicar las quemas, pues en esta época son más vulnerables al fuego. Es posible, pero más peligroso, efectuar quemas durante el pico de la época seca, siempre y cuando se preparen buenas barreras cortafuegos y se disponga

de suficiente personal para vigilar el fuego y contener, inmediatamente, cualquier escape de las llamas.

Construcción de Barreras Cortafuego y Delimitación de las Areas a ser Quemadas

Puesto que el mayor riesgo y costo potencial de efectuar quemas controladas radica en la posibilidad de que el fuego escape y dañe los bosques y propiedades aledaños, es necesario que las barreras cortafuego sean debidamente planificadas y construidas. Estas barreras consisten en superficies lineales de suelo mineral expuesto, sobre el cual el fuego no puede pasar (Foto 1). Es importante enfatizar que sólo una barrera continua de suelo descubierto evitará el paso del fuego. No es suficiente remover sólo la materia leñosa muerta de los cortafuegos; las hojas, aserrín y detritos de troncos podridos deben limpiarse también para garantizar que las llamas no escapen. Cabe recalcar, además, que el grado de efectividad de un cortafuego corresponde al de su punto más débil. Un solo salto de las llamas a través de un cortafuego puede destruir tantas hectáreas de bosque como veinte saltos.

De forma ideal, las barreras cortafuego deberán ser tan anchas como sea posible, pero también es importante controlar los costos de su construcción. Por consiguiente, es mejor utilizar, en lo posible, barreras cortafuego existentes, sean éstas naturales o creadas por el hombre, como es el caso de arroyos o caminos. La construcción de barreras cortafuego se puede evitar del todo, si las unidades de quema corresponden con redes existentes de caminos forestales o pistas de arrastre. En general, mientras mayor sea la superficie de la unidad a quemarse, menores serán los costos de quema por unidad de superficie. Sin embargo, las áreas a quemarse no deberán superar la capacidad de las cuadrillas para vigilar el fuego y despachar personal, prontamente, para controlar su escape. Si

Insertar foto 1, conservar la misma forma del marco

Foto 1. Construcción de una barrera para evitar el escape del fuego

existe la posibilidad de patrullar los caminos forestales en vehículo o a caballo, se podrán quemar áreas más extensas. En general, no obstante, no es aconsejable quemar más de 20 hectáreas por día o permitir que el fuego arda con intensidad por más de 10 horas (Smith 1986).

El ancho de los cortafuegos variará según la intensidad esperada de las llamas. En los casos en que la acumulación de materia combustible sea baja y no exista "combustible-escalera" en la línea de fuego, será suficiente preparar barreras de 1 a 2 m de ancho. Estas podrán ser construidas, rápidamente, por un grupo de 2 a 3 personas equipado con palas, hachas y rastrillos. Sin embargo, las barreras deberán ser más anchas en áreas problemáticas, donde, por ejemplo, existan grandes acumulaciones de materia combustible cerca de la línea de fuego. Asimismo, los cortafuegos deberán tener el doble de ancho en las secciones altas del terreno, especialmente si el fuego se inicia en las partes bajas del área a quemarse.

Es esencial que las barreras cortafuego estén libres de vegetación inflamable en toda la altura que el fuego pueda alcanzar. Por lo tanto, los troncos que cuelguen sobre la línea de fuego deberán ser derribados y extraídos. Asimismo, se deberá quitar cualquier árbol muerto o vegetación enmarañada que pueda quemarse y caer en la línea de fuego. Cualquier "combustible-escalera" que se encuentre cerca de la línea de fuego o el área de quema deberá eliminarse, para evitar que se quemen las copas de los árboles. En la mayoría de los casos, la construcción de barreras cortafuego y la seguridad se facilitarán con el uso de motosierras.

Preparación de las Cargas de Materia Combustible

La intensidad y el grado de plenitud de las quemas están determinados por la cantidad, tamaño, disposición y contenido de humedad de la materia combustible. Si el área quemada carece de materia combustible seca, será necesario cortar más vegetación para la propagación del fuego (Foto 2). Tal como se menciona anteriormente, la

necesidad del desbroce, previo a la quema de la vegetación, es particularmente importante en bosques húmedos, donde la hojarasca del sotobosque podrá estar demasiado húmeda para arder. Aún en áreas con abundante materia combustible seca, tales como los bosques aprovechados, se podrá requerir la corta adicional de arbustos, bejucos y vegetación herbácea para ayudar a la ignición de ramas y troncos de gran diámetro. La adición de la vegetación cortada para la formación de barreras corta fuego, aportará al aumento de las cargas de materia combustible. Aún con suficiente materia combustible acumulada, será necesario esperar tres o más meses después del aprovechamiento, para que la materia más gruesa esté suficientemente seca como para quemarse. Cuanto mayor sea el período de secado después de la corta, mayor serán la intensidad y el grado de plenitud de las quemas.

También es importante considerar la distribución de los residuos del aprovechamiento en el área cortada. Si la materia combustible no se encuentra agrupada, el fuego no se propagará por el área a quemarse. En áreas extensas, podrá no ser económicamente factible cortar o redistribuir la materia combustible para asegurar el paso del fuego. En claros pequeños, sin embargo, no es difícil redistribuir la materia combustible. Una alternativa a la distribución extensa de materia combustible en los claros, es apilarla en uno o varios montones para restringir la quema a un área más reducida. El amontonamiento de la materia combustible aumenta las posibilidades de que la quema de los residuos leñosos sea completa y disminuye, también, la probabilidad de que el fuego escape, ya que los montones se pueden ubicar lejos de las barreras cortafuego. No obstante, el amontonamiento causará desigualdades en la mineralización del suelo, además de que la alta intensidad de la combustión de los montones aumentará la posibilidad de que se produzcan daños al suelo. Se deberá proteger la regeneración avanzada, retirando la materia combustible a por lo menos 1 m de los brinzales y latizales.

Insertar foto 2. Conservar la misma forma del marco

Foto 2. La materia combustible debe ser abundante y estar seca.
Muchas veces es necesario cortar la vegetación en los claros,
algunos meses antes de la quema

Se deberá impartir instrucción básica al personal con respecto al comportamiento del fuego, medidas de control y planes de contingencia, tales como rutas de escape y zonas de seguridad, en caso de propagación de incendios. Se deberá repasar también la prevención y el tratamiento (primeros auxilios) de quemaduras e inhalación de humo. El plan para la quema deberá revisarse con todo el personal antes de su realización, de modo que todos estén al tanto de sus deberes y los del resto del grupo. Si se utilizan vehículos, los conductores deberán tener mapas de las unidades de quema y saber qué caminos o pistas de arrastre estarán transitables durante las quemas.

Capítulo IV

Realización de las Quemas

Condiciones para la Realización de las Quemas

Precipitación y humedad relativa. Las quemas se pueden llevar a cabo a los pocos días de una lluvia, dependiendo del nivel de asoleamiento posterior, la cantidad de precipitación y la humedad relativa. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las quemas se efectúan mejor una o más semanas después de una lluvia. Tal como se menciona anteriormente, la humedad relativa deberá fluctuar, idealmente, entre un 30 y 60% (Manassas *et al.* 1988). La hora del día en que se realizan las quemas puede variar. Si la humedad es baja, el fuego se puede encender temprano en la mañana cuando la humedad es un poco mayor. Si la humedad es alta, las quemas se pueden iniciar más tarde, cuando la humedad relativa comienza a bajar. Al margen de la humedad del aire, la materia combustible deberá estar suficientemente seca como para transmitir el fuego (5-15%; Manassas *et al.* 1988). El porcentaje de contenido de humedad (PCH) se puede establecer mediante la determinación del peso de la materia combustible del bosque y usando la siguiente ecuación:

PCH = [(peso húmedo - peso seco) / (peso seco)] x 100

Velocidad del viento. Tal como se señala anteriormente, el viento tiene un papel importante en el comportamiento del fuego. Se pueden utilizar anemómetros de bolsillo para estimar la velocidad del viento. Esta deberá ser constante para controlar el comportamiento del fuego y suficientemente lenta como para no aumentar las probabilidades de que las brasas sean transportadas más allá de las barreras cortafuego. No obstante, un cierto grado de viento es necesario para la propagación del fuego. En general, Manassas *et al.* (1988) recomiendan que las quemas se efectúen con velocidades del viento que oscilen entre los 5 y 15 km/h. Estas velocidades ideales del viento, usualmente se producen en las primeras horas de la mañana, entre las 6 y 10 a.m. Sin embargo, con el fin de mantener el fuego en claros resguardados, a menudo es necesario realizar las quemas con una mayor velocidad del viento. El fuego, generalmente, se inicia al finalizar la mañana, cuando la convección del aire, debido al calentamiento solar, ayuda a que el fuego se propague por los claros.

Inspección previa a la Realización de las Quemas

Una vez que las condiciones sean apropiadas para la quema, el supervisor deberá efectuar una última inspección del área a ser quemada, antes de permitir el inicio del fuego. Esta incluirá la revisión de barreras cortafuego, problemas potenciales con troncos que puedan caer a través de las líneas de fuego y otros peligros (combustibles-escalera, áreas de alta inflamabilidad cerca de las líneas del fuego, etc). Se deberá garantizar la disponibilidad de agua. Se deberán llenar las mochilas con agua y los trabajadores que las carguen deberán distribuirse a lo largo de la línea de fuego. Se deberá mantener una cisterna grande o varios turriles de 200 litros en un lugar central o sobre un camión para reabastecer las mochilas. Además, se deberá disponer de una fuente cercana de agua para el reabastecimiento de la cisterna o los turriles. Es recomendable

hacer un ensayo, quemando una superficie pequeña, antes de encender el fuego en toda el área, para determinar si el comportamiento del fuego y humo son los esperados (USDA 1989). No se deberá encender el fuego hasta que el supervisor esté completamente satisfecho con la seguridad de la quema.

Inicio de las Quemas

Tradicionalmente, el fuego se enciende con un lanzallamas de acero inoxidable (Foto 3). Estos aparatos contienen un depósito que suministra combustible mediante un tubo largo, en forma de serpentín para evitar el recalentamiento del combustible, a una punta de la cual éste gotea a una mecha de nylon. Pequeñas gotas de combustible encendido gotean de la mecha, iniciando pequeñas fogatas en el suelo. La mezcla recomendable de combustible para lanzallamas consiste en partes iguales de kerosén y diesel, aunque los aparatos funcionan adecuadamente con una mezcla de diesel y kerosén en proporción 75:25. Si bien los lanzallamas son más eficientes, no es esencial adquirirlos para encender el fuego. También se pueden utilizar para este fin antorchas con cabos largos, junto con botellas rociadoras de combustible para estimular la ignición.

Dependiendo de la extensión de la línea de fuego, una o más personas se desplazan a lo largo de ésta iniciando una llama continua en todo su perímetro (Foto 4). Si la materia combustible es escasa, es aconsejable entrar dentro del área quemada para asegurar la continuidad del fuego. La persona que aplique el fuego deberá mantenerse alerta del movimiento de éste y contar, en todo momento, con una amplia vía de escape. Tal como se menciona anteriormente, a veces es aconsejable, cuando se queman claros pequeños, iniciar un primer fuego en el centro del claro antes de proceder con el perímetro de éste. Una vez que se ha encendido toda la línea de fuego, se podrá volver a inspeccionarla para

Insertar foto 3. Conservar la misma forma del marco

Foto 3. Un lanzallama para iniciar el fuego

Insertar foto 4. Conservar la misma forma del marco

Foto 4. Encendido de una quema circular en un claro formado por el aprovechamiento forestal

encender nuevamente las áreas donde no se haya producido la ignición al primer intento.

Vigilancia y Finalización de las Quemas

Después de iniciado el fuego, es preferible apagar los lanzallamas para conservar combustible y evitar que los trabajadores deambulen por el área con los aparatos encendidos. Se deberá despachar a las cuadrillas hacia la línea de fuego para vigilar el desplazamiento del fuego, extinguir las brasas que caigan más allá de los rompefuegos y alertar a otros trabajadores en caso de emergencia. Se deberá adiestrar a los trabajadores para que concentren su atención en el área fuera de las líneas del fuego, en vez de observar las llamas en el interior de las parcelas. Es fácil distraerse con el fuego en vez de mantenerse alerta a los problemas que puedan surgir en el área del fuego o a la caída de brasas fuera de la línea de avance de las llamas. Los supervisores deberán vigilar constantemente las actividades de los trabajadores para asegurar que se cumplan las tareas de seguridad (Foto 5).

El supervisor deberá estar alerta ante la posibilidad de que se produzcan ráfagas súbitas o cambios en la dirección del viento. Será necesario reaccionar rápidamente a dichas situaciones, con acciones tales como volver a encender el fuego en retroceso al otro lado de las parcelas, y dispersar, quitar o añadir materia combustible con anticipación al avance de las llamas, de acuerdo a los cambios del comportamiento del fuego debidos al viento. También podrá ser necesario, durante períodos de ráfagas, enviar a los trabajadores a través de las líneas de fuego para extinguir las brasas en las áreas ubicadas en dirección del viento. Una de las tareas más importantes en el monitoreo de las quemas controladas es prestar cuidadosa atención a las áreas que contienen grandes cargas de materia combustible, de modo que se puedan tomar medidas para controlar los estallidos inesperados del fuego.

Insertar foto 5. Conservar la misma forma del marco

Foto 5. Las quemas requieren supervisión constante

Si se inician quemas, sucesivamente, en varios lugares, tales como una serie de claros de corta, el supervisor y la mayoría de los trabajadores no deberán abandonar el área de la primera quema hasta que el fuego haya cedido en las líneas de fuego y no queden llamas altas ardiendo en la zona quemada. En las quemas en claros de corta, por lo menos cuatro personas deberán permanecer mientras el fuego arda intensamente dentro del claro. Una vez que el fuego haya mermado, la cuadrilla principal podrá dirigirse a iniciar quemas en otras áreas, dejando a 1-3 trabajadores, equipados con mochilas de agua, para continuar vigilando el fuego hasta que las llamas se extingan (Foto 6). Las áreas quemadas no deberán abandonarse por completo hasta que el supervisor revise la seguridad de la barrera cortafuego, en su totalidad, y esté seguro de que el riesgo de escape del fuego sea mínimo. Aún así, cada área quemada deberá volver a inspeccionarse durante los días siguientes para constatar que el fuego esté controlado. Las revisiones nocturnas son particularmente efectivas para determinar áreas con rescoldos o escape de llamas. Después de varios días, las áreas que continúen ardiendo (tocones podridos, troncos grandes) deberán ser apagadas.

Evaluación de las Quemas: Inventarios Post-quema

Las quemas controladas son útiles sólo si producen los resultados deseados. El monitoreo de las áreas quemadas, para determinar si se cumplieron los objetivos, tiene tanta importancia como los pasos anteriores a la realización de las quemas controladas (Foto 7). Se puede obtener información importante mediante la realización de evaluaciones post-quema y utilizarla para la mejora de los métodos futuros de quema. Esta retroalimentación es importante, particularmente en regiones donde la aplicación de quemas controladas para el manejo forestal es una ciencia nueva o joven, como es el caso de las tierras bajas de Bolivia.

Insertar foto 6. Conservar la misma forma del marco

Foto 6. Es aconsejable que, por precaución, el personal se
aprovisione de agua hasta que las llamas se extingan

Algunos puntos que deberán considerarse durante las evaluaciones post-quema son: ¿Se cumplieron los objetivos? ¿Se efectuaron correctamente las preparaciones previas a la quema? ¿Hubo efectos indeseados o imprevistos? ¿Se escogió debidamente la técnica de quema? ¿Los beneficios superaron a los costos? y ¿Cómo se pueden mejorar las quemas en el futuro? (USDA 1989).

Se puede llevar a cabo una evaluación inicial poco después de la quema (a la mañana siguiente). Durante esta evaluación inicial, se puede tomar nota de la cantidad de residuos leñosos eliminados, daños visibles a la regeneración avanzada y escape de las llamas. Si bien la eliminación completa de la vegetación o los residuos leñosos no es esencial, Manassas *et al.* (1988) sugieren que las quemas controladas deberían eliminar, por lo menos, un 80% de dicha materia para ser consideradas efectivas. Generalmente, la mejora en la regeneración de las especies preferidas requerirá de períodos más largos de tiempo para hacerse evidente; por lo menos hasta después de la primera temporada de crecimiento posterior a las quemas. La mortandad de árboles de mayor tamaño o los daños a la madera comercializable, debido a la acción de patógenos, probablemente no serán perceptibles por uno o más años después de la realización de las quemas.

Para que las quemas controladas sean económicamente efectivas, el aumento de la regeneración de las especies comerciales deberá superar al daño a la regeneración avanzada o los árboles en pie. Si no se puede lograr estos resultados, será necesario aplicar otros tratamientos silviculturales en lugar de las quemas controladas.

Insertar foto 7. Conservar la misma forma del marco.

Foto 7. Evaluación de la regeneración posterior a la quema

Referencias Bibliográficas

Fredericksen, T.S. 1998. Limitations of low-intensity selective and selection logging for sustainable tropical forestry. Commonwealth Forestry Review. En prensa.

Fredericksen, T.S., B. Mostacedo y D. Kennard. 1998. La vegetación competidora inhibe la regeneración de los bosques bolivianos? BOLFOR Boletín 13:6-7.

ITTO, 1997. ITTO guidelines on fire management in tropical forests. ITTO Policy Development Series 6. Yokahama, Japan, 40pp.

Kennard, D. Quemas controladas - una herramienta potencial para el manejo forestal en Bolivia: implicaciónes para la sostenabilidad. BOLFOR Boletín 13:5-6.

Manassas J.P., Albrect, J. y Peichl, B. 1988. Manual del Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior Forestal, Cochabamba, 123pp.

Mostacedo, B.y T.S. Fredericksen. 1998. Avances en la ecología de regeneración natural de algunos árboles importantes de los bosques tropicales de Bolivia. Ecología y Conservación en Bolivia. En prensa.

Ramírez, F. 1998. Costos y rendimientos de quemas controladas en claros después de un aprovechamiento forestal. Informe - Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Smith, D.M. 1986. The Practice of Silviculture. John Wiley and Sons, New York, NY.

USDA, Forest Service Southern Region. 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Technical publication R8-TP 11.