DESBROCE Y QUEMA CONTROLADA PARA ESTIMULAR LA REGENERACION DE ARBOLES DE ESPECIES COMERCIALES EN UN BOSQUE SECO DE BOLIVIA

Documento Técnico 103/2001

Kimberly A. Heuberger
Todd S. Fredericksen
Marisol Toledo
William Urquieta
Fredy Ramirez

Autores

Contrato USAID: 511-C-00-93-00027-00
Chemonics International Inc.
USAID/Bolivia
Abril, 2001

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

Desbroce y Quema Controlada para Estimular la Regeneración de Arboles de Especies Comerciales en un Bosque Seco de Bolivia

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible
BOLFOR

Cuarto Anillo
esquina Av. 2 de Agosto
Casilla 6204
Teléfonos: 480766 - 480767
Fax: 480854
e-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Santa Cruz, Bolivia

BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y el Gobierno de Bolivia e implementado por Chemonics International

Tabla de Contenido

RESUMEN EJECUTIVO

SECCION I	INTRODUCCION		I-1
SECCION II	METODOLOGIA		II-1
	A.	Sitio de Estudio	II-1
	B.	Diseño del Muestreo y Recolección de Datos	II-1
	C.	Muestreo de la Regeneración de Especies Arbóreas Comerciales	II-2
	D.	Muestreo de la Vegetación Competidora	II-2
SECCION III	RESULTADOS		III-1
	A.	Regeneración de Especies Arbóreas Comerciales	III-1
	B.	Tasas de Crecimiento Relativo de las Especies Arbóreas Comerciales	III-1
	C.	Vegetación Competidora	III-2
SECCION IV	DISCUSION		IV-1
SECCION V	CONCLUSIONES		V-1
SECCION VI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		VI-1

RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los componentes más importantes del manejo forestal en los bosques tropicales bolivianos es la regeneración de las especies con valor comercial. Con el fin de evaluar el impacto en la regeneración natural de árboles comerciales y en el control de la vegetación competidora, se aplicaron tratamientos de desbroce manual con machete y motosierra, quema controlada, y una combinación de ambos en claros de aprovechamiento, recientemente creados, en un bosque seco de Bolivia. Los tres tratamientos, además de un testigo no tratado, se aplicaron en claros de aprovechamiento durante la época seca de 1998 y se repitieron diez veces. La regeneración arbórea se evaluó inmediatamente después de aplicarse los tratamientos y ocho meses después, a fines de la época de lluvias. La densidad de la regeneración de árboles comerciales en los claros que recibieron la combinación de tratamientos de desbroce y quema controlada fue más de tres veces mayor que la de los claros no tratados, pero no estadísticamente diferente de los otros tratamientos. El crecimiento en altura relativa del total de la regeneración comercial no difirió entre tratamientos, aunque sí varió por especie. La reducción de la vegetación competidora, posterior a la aplicación de tratamientos de preparación de sitio, fue significativamente mayor durante ambos períodos de medición, pero la cobertura de plantas competidoras comenzó a asemejarse entre los tratamientos después de ocho meses. A pesar del mejor control de la vegetación competidora, el reclutamiento inicial, y las respuestas de crecimiento a la quema y el desbroce de la vegetación en claros de aprovechamiento, no parecen justificar la aplicación de dichos tratamientos en el bosque, especialmente si se tiene en cuenta su elevado costo.

SECCION I

Introducción

Puesto que una gran proporción de los bosques primarios de Bolivia se encuentra aún intacta, las perspectivas de estos bosques serían más alentadoras que las de otros bosques tropicales del mundo (Fredericksen 2000). Recientemente ha surgido un creciente interés, entre el gobierno de Bolivia y las agencias internacionales de desarrollo, para la preservación de los bosques a través de esfuerzos de conservación y la implementación de prácticas de aprovechamiento forestal sostenible (Nittler y Nash 1999). No obstante, las personas a cargo del manejo forestal tropiezan con objetivos contradictorios al tratar de incorporar a la producción maderable medidas para la conservación de la biodiversidad, las funciones ecológicas, la calidad del agua, y los suelos (Pinard *et al.* 1999). Los resultados de la investigación ecológica y silvicultural efectuada en Bolivia por el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible – BOLFOR, sugieren que los aparentes conflictos entre los objetivos de conservación del bosque y aprovechamiento forestal pueden ser reconciliados (Fredericksen y Putz, en revisión). Sin embargo, el manejo forestal sostenible a largo plazo será difícil de alcanzar, a menos que se logre la regeneración de las especies maderables valiosas (Mostacedo y Fredericksen 1999).

Muchas de las especies arbóreas comerciales propias de los bosques estacionalmente secos de Bolivia son heliófitas y su regeneración depende de alteraciones de gran escala (Fredericksen 1998, Pinard *et al.* 1999). El aprovechamiento selectivo, en el que se extraen árboles individuales, no suministra los niveles de alteración necesarios para la regeneración de especies heliófitas (Fredericksen 1998, Kennard 1999). Al igual que en muchos bosques tropicales, los claros de aprovechamiento de los bosques bolivianos a menudo son colonizados, rápidamente, por vegetación competidora, particularmente por plantas trepadoras leñosas (Putz 1991, Dirzo *et al.* 1992, Denslow *et al.* 1998, Mostacedo *et al.* 1998, Fredericksen y Mostacedo 2000, Dickinson *et al.* 2000). La densa cobertura de vegetación competidora que se genera en los claros de los bosques secos produce condiciones menos favorables para el establecimiento de plántulas de especies arbóreas comerciales.

Un posible tratamiento para el control de la vegetación competidora y el estímulo de la regeneración de árboles comerciales en claros de aprovechamiento es la quema controlada. Esta es una herramienta silvicultural que se ha usado, por décadas, en bosques de clima templado (Pyne 1984, Wade *et al.* 1980). Las quemas controladas se definen como el uso controlado del fuego para lograr objetivos específicos de manejo forestal. Cuando se utilizan quemas controladas, los encargados del manejo forestal se atienen a parámetros ambientales específicos, a fin de controlar la intensidad del fuego y garantizar que éste se mantenga dentro de un área designada, con un comportamiento controlable (Pyne 1984, Walstad y Oliver 1989).

Existe creciente evidencia que indica que el fuego puede ser un componente natural de la ecología de los bosques secos tropicales. Se ha observado que el reclutamiento y crecimiento de las especies arbóreas comerciales aumentan mediante la aplicación de quemas controladas en claros de aprovechamiento. Las quemas reducen la cantidad de desechos de la corta y controlan la vegetación competidora (Urquieta 1998, Kennard 1999). Por ejemplo, se ha observado una

regeneración abundante de árboles en chacos abandonados de la región oriental de Bolivia (Kennard 1999, Gould y Quiviquivi 2000). Asimismo, se ha documentado una considerable regeneración de especies arbóreas comerciales, posteriormente a incendios forestales ocurridos en la misma zona (Mostacedo *et al.* en imprenta).

El objetivo del presente estudio fue comparar los efectos del desbroce, la quema controlada y la combinación de ambos en la regeneración de árboles comerciales y el control de la vegetación competidora, en claros de aprovechamiento recientemente creados en un bosque tropical seco de Bolivia.

SECCION II

Metodología

A. Sitio de Estudio

El estudio se efectuó en un bosque tropical seco, situado aproximadamente 40 km al sudeste de Concepción (provincia Ñuflo de Chávez, departamento de Santa Cruz; 15°8'S, 62°1'O). La temperatura anual media de la región es de 24°C y la media anual de precipitación es de 1130 mm (Estación Meteorológica de Concepción). El sitio de investigación, de 25 ha de superficie, forma parte de un bosque de 30.000 ha de propiedad de la empresa Amazonic Sustainable Enterprises, cuyas operaciones de manejo forestal fueron certificadas, en 1998, por SmartWood. El bosque consiste, primordialmente, en bosque de terrenos altos, con un estrato del dosel de 16 a 18 m de altura, el cual pierde la mayoría de su follaje durante los seis meses de la época seca. Las especies arbóreas del dosel y el sub-dosel están predominantemente representadas por la familia Leguminosae e incluyen las siguientes especies: *Anandenanthera colubrina, Acosmium cardenasii, Centrolobium microchaete* y *Caesalpinia pluviosa*.

Entre mayo y junio de 1998, se realizó un aprovechamiento por selección de árboles individuales, durante el cual se extrajo aproximadamente 19% ($8.8 m^3 ha^{-1}$) del volumen original de árboles en pie mayores a 20 cm de dap. Se aplicaron técnicas de aprovechamiento planificado para la extracción de nueve especies: *A. Colubrina, Astronium urundeuva, C. pluviosa, Machaerium scleroxylon, Copaifera chodatiana, Tabebuia impetiginosa, Tabebuia serratifolia, C. microchaete* y *Platymiscium ulei*.

B. Diseño del Muestreo y Recolección de Datos

En julio de 1998, cuarenta claros de aprovechamiento recientemente creados, cuyo tamaño fluctuaba entre 240 y 840 m^2 fueron seleccionados sistemáticamente y se les asignó, al azar, uno de tres tratamientos o se los designó como testigos. Los tratamientos fueron: (1) desbroce manual (usando machete y motosierra) de toda la vegetación competidora (plantas trepadoras, hierbas, arbustos, bromeliáceas y árboles pequeños de especies no comerciales) y eliminación de desechos del aprovechamiento, (2) desbroce manual seguido por quema controlada, (3) quema controlada sin desbroce manual y (4) testigo (sin tratamiento). La corta en los claros asignados a los tratamientos de desbroce se llevó a cabo en agosto de 1998. En la ocasión, se construyó una barrera cortafuego de 1 m de ancho en el perímetro de cada claro asignado a los tratamientos de quema controlada y, también, se crearon barreras cortafuego alrededor de la base de los brinzales (>30 cm de altura) de las especies valiosas presentes. Las quemas controladas se efectuaron a principios de septiembre de 1998. Se utilizaron antorchas de goteo para iniciar los fuegos, con una mezcla de partes iguales de keroseno y diesel. Los veinte claros a los que se asignó el tratamiento de quema controlada se quemaron durante un período de tres días. Las quemas se realizaron con éxito en su mayoría, si bien, en algunos casos, el fuego no se desplazó bien en manchas de la bromeliácea terrestre *Pseudoananas sagenarius*, en el tratamiento de quema exclusiva.

C. Muestreo de la Regeneración de Especies Arbóreas Comerciales

Transcurrido un mes después de las quemas, se instalaron dos transectas, de 2 m de ancho, en los cuarenta claros, siguiendo el eje mayor del claro y su perpendicular. Los extremos de las transectas se marcaron, con estacas permanentes, para facilitar la repetición del muestreo. A fin de comparar la densidad de plántulas de árboles comerciales entre tratamientos, se instalaron en las transectas cuadrantes de muestreo de 4 m^2, situados a 1 m de las estacas permanentes y separados por intervalos de 2 m. Un mes después de las quemas, se emplaquetaron todas las plántulas de especies comerciales que brotaron en dichos cuadrantes y se midió su altura perpendicular al suelo, desde el meristema apical. Ocho meses después de las quemas, cada plántula emplaquetada fue ubicada nuevamente y se midió su altura. Se llevó la cuenta de todo el reclutamiento de nuevas plántulas de especies comerciales en los cuadrantes y se emplaquetó y midió hasta diez de las nuevas plántulas, con miras a futuras mediciones. Se promedió la densidad de regeneración de especies comerciales en las sub-parcelas de cada claro y, puesto que los datos no se pudieron normalizar, las medias se analizaron mediante pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, para determinar si existían diferencias entre tratamientos.

Se calculó la tasa de crecimiento en altura relativa de las plántulas emplaquetadas y medidas un mes después de las quemas, así como de las que se remidieron a los ocho meses de efectuarse las quemas. Considerando a t_1 y t_2 como dos períodos distintos de medición, se calculó la tasa de crecimiento en altura relativa (TCR) mediante la siguiente fórmula:

$$TCR = \text{altura}_{t2} - \text{altura}_{t1} / \text{altura}_{t1}$$

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para determinar si existían diferencias entre la tasa de crecimiento de las plántulas de especies comerciales en los distintos tratamientos. En todos los análisis, las diferencias se consideraron significativas cuando $p < 0.05$.

D. Muestreo de la Vegetación Competidora

Todas las plantas de especies no comerciales mayores a 2 m de altura, se contaron en cada cuadrante de muestreo (de 4 m^2) de las transectas lineales, a fin de determinar la densidad y composición de la vegetación competidora en los tratamientos. Asimismo, se estimó visualmente el porcentaje de cobertura por distintas formas de vida (árboles, arbustos, plantas trepadoras, bromeliáceas terrestres, plantas herbáceas y gramíneas) uno y ocho meses después de la aplicación de quemas controladas. El porcentaje de cobertura por formas de vida mayores a 2 m de altura se observó en cuadrantes de 4 m^2 ubicados dentro de las transectas, cerca del centro y el borde de cada claro (cuatro cuadrantes por transecta). Los datos de porcentaje de cobertura por forma de vida se transformaron, mediante raíz cuadrada de arcoseno, previamente al análisis estadístico (Zar 1999). Se realizaron análisis de varianza, con los tratamientos como efectos fijos, seguidos por comparaciones *a posteriori* de Tukey, para determinar si existían diferencias entre los cuatro tratamientos en cuanto a la cobertura de cada forma de vida y la cobertura vegetal total.

SECCION III

Resultados

A. Regeneración de Especies Arbóreas Comerciales

Ocho meses después de las quemas, la densidad de regeneración de todas las especies comerciales combinadas fue mayor en los claros sujetos al tratamiento de desbroce y quema, seguida por la del tratamiento de sólo desbroce y, finalmente, la de sólo quema (Cuadro 1), aunque las densidades generales no fueron estadísticamente diferentes. Los claros no tratados (testigo) mostraron densidades menores de regeneración de árboles comerciales, en comparación con el resto de los tratamientos. La densidad de regeneración en los claros donde se aplicó el tratamiento de desbroce y quema fue aproximadamente dos veces mayor a la de los claros en que sólo se aplicó el tratamiento de quema y casi el triple de la densidad en los claros no alterados. La especie heliófita *A. colubrina* mostró la mayor abundancia de plántulas entre las 11 especies comercialmente valiosas identificadas en los 40 claros de aprovechamiento. Las plántulas de las demás especies comerciales presentaron densidades relativamente bajas. Sólo una especie comercial, *C. pluviosa*, evidenció diferencias significativas en cuanto a densidad de regeneración entre los tratamientos, habiéndose encontrado mayores densidades de ésta en claros testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Densidad media (#/m^2) de especies arbóreas comerciales entre cuatro tratamientos (n = 10) ocho meses después de la aplicación de tratamientos de quemas controladas en un bosque seco de Bolivia. El error estándar de los datos que se muestran a continuación corresponde a 0 " SE. Se hallaron once especies comerciales en los claros de estudio, en el cuadro sólo se muestran las especies comerciales cuya densidad fue mayor a 0.01/m^2. No se pudo normalizar la densidad de plántulas. Por consiguiente, se usaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para determinar las diferencias entre los cuatro tratamientos.*

Especie	Testigo	Sólo desbroce	Sólo quema	Desbroce y quema		X^2	*p*
Todas las especies comerciales (n = 11 spp.)	0.18 ?0.05	0.46 ?0.15	0.31 ?0.18	0.59 ?0.20		3.6	0.31
Anadenanthera colubrina curupaú	0.09 ?0.04	0.36 ?0.15	0.24 ?0.17	0.45 ?0.21		2.8	0.42
Caesalpinia pluviosa momoqui	0.08 ?0.03	0.03 ?0.01	0.02 ?0.01	0.02 ?0.02		8.1	0.04
Centrolobium microchaete tarara amarilla	0.01 ?0.01	0.02 ?0.01	0.02 ?0.01	0.04 ?0.02		0.4	0.94
Tabebuia spp. tajibo	0.01 ?0.01	0.02 ?0.02	0.03 ?0.02	0.02 ?0.01		1.9	0.59

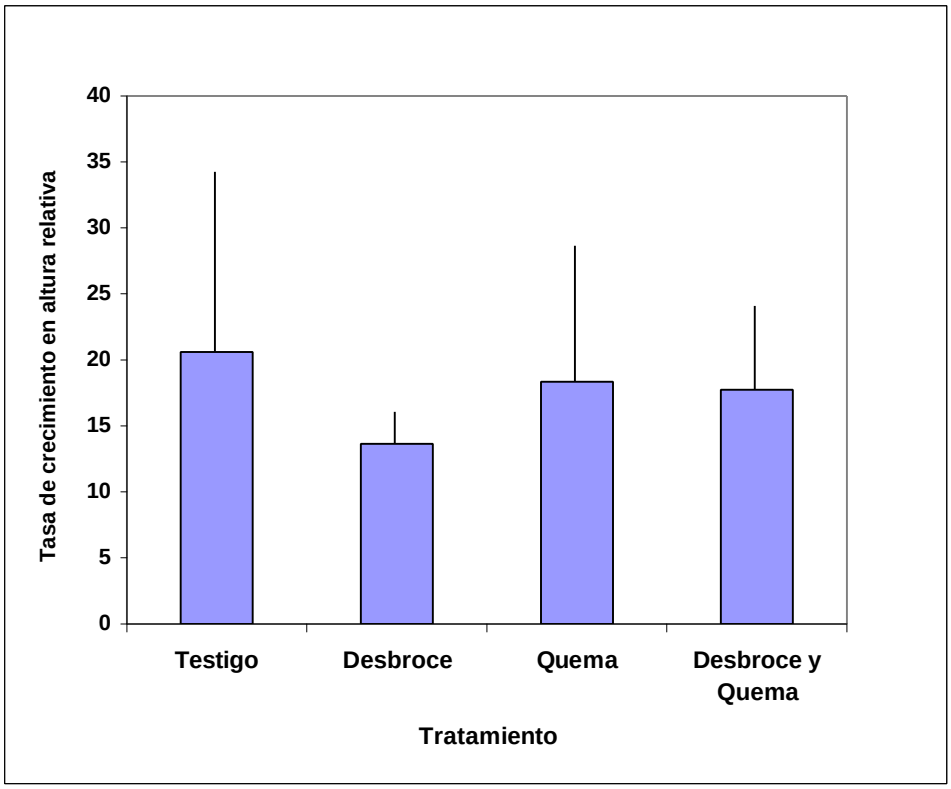
*Las diferencias se consideraron significativas cuando *p* = 0.05.

B. Tasas de Crecimiento Relativo de las Especies Arbóreas Comerciales

Se emplaquetó y midió un total de 106 plántulas de árboles comerciales durante el primer censo, efectuado un mes después de la aplicación de las quemas controladas. Ocho meses después, 80 de las plántulas emplaquetadas fueron ubicadas nuevamente y se volvieron a medir; 9 de éstas habían muerto. La tasa media de crecimiento relativo no difirió entre los tratamientos (Figura 1).

No obstante, el crecimiento en altura de las plántulas de *A. colubrina*, la especie comercial más abundante, sí difirió significativamente entre los cuatro tratamientos ($p < .01$) después de ocho meses. La altura media de las plántulas de esta especie fue mayor en el tratamiento de desbroce (30.1 ± 1.7 cm), seguida por la del tratamiento de desbroce y quema (26.7 ± 2.4 cm) y el testigo (24.8 ± 2.6 cm). La altura de las plántulas fue más baja en el tratamiento de quema, con una altura media de sólo 17.46 ± 1.3 cm. La plántula más alta de *A. colubrina* (3 m) se encontró en un claro sujeto a desbroce y quema.

Figura 1. Tasa media de crecimiento en altura relativa (más un error estándar), de octubre de 1998 a mayo de 1999, de plántulas de árboles comerciales en claros de aprovechamiento sujetos a diferentes tratamientos silviculturales, en un bosque tropical seco del oriente de Bolivia.



C. Vegetación Competidora

En los claros testigo, la densidad media de las plantas mayores a 2 m de altura y menores a 5 cm de dap fue el doble de la de los otros tres tratamientos (Cuadro 2). Sesenta y uno porciento de las plantas encontradas correspondía a brinzales de especies no comerciales, 34% a plantas trepadoras leñosas y el resto a arbustos o plantas herbáceas. La altura media de esta vegetación competidora no difirió significativamente entre los tratamientos, pero tendió a decrecer levemente con el aumento de la intensidad de éstos. La altura media fue de 3.2 m en los claros testigo, 3.3 en los claros sujetos sólo a quema controlada, 3.1 en los claros sujetos sólo a desbroce y 2.9 m en los claros desbrozados y quemados. Entre las 34 especies identificadas en los claros de estudio (> 2 m de altura y < 5 cm de dap), dos de éstas, *Mimosa* spp. (arbusto escandente) y el árbol no comercial *Acosmium cardenasii*, mostraron las mayores densidades en todos los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad (#/m^2) de toda la vegetación arbustiva y brinzales (plantas > 2 m de altura y < 5 cm dap) y de las dos especies más abundantes de arbustos en cuadrantes de 4m^2 entre cuatro tratamientos, dos y ocho meses después de la aplicación de éstos en claros recientemente aprovechados en un bosque seco de Bolivia.*

Especie	**Testigo**	**Sólo desbroce**	**Sólo quema**	**Desbroce y quema**
Total (n = 34)	0.12 a	0.05 b	0.06 ab	0.05 b
Mimosa spp. Cari-cari	0.03 a	0.02 a	< 0.01 a	0.03 a
Acosmium cardenasii tasaá	0.03 a	0.01 a	0.01 a	0.00 a

* Las medias que llevan la misma letra, en la misma fila, no son significativamente diferentes cuando $p = 0.05$.

Un mes después de efectuarse las quemas controladas, la cobertura vegetal total (< 2 m de altura) se redujo a 30, 65 y 81% de la cobertura presente en las áreas no intervenidas, en los tratamientos de desbroce y quema, sólo quema, y sólo desbroce, respectivamente (Cuadro 3). Ocho meses después de las quemas, aún era posible evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la cobertura total por vegetación competidora, si bien la cobertura total sólo varió de 50 a 68% entre todos los tratamientos. El porcentaje de cobertura por plantas trepadoras, arbustos y plantas herbáceas fue significativamente diferente entre los tratamientos, a sólo un mes de realizarse las quemas y tendió a reducirse con el aumento en la intensidad de los tratamientos (Cuadro 3). No obstante, ocho meses después de aplicarse los tratamientos de quema y desbroce, ninguno de los claros, fueran éstos tratados o testigo, mostró diferencias en cobertura de plantas trepadoras, arbustos o plantas herbáceas. La cobertura de arbustos disminuyó en todos los tratamientos, desde el censo inicial hasta el censo efectuado ocho meses después de las quemas, aunque el porcentaje de cobertura de las otras formas de vida aumentó o se mantuvo igual. Las bromeliáceas terrestres presentes en los claros sujetos al tratamiento de desbroce y quema se redujeron, inicialmente, a 8% de la cantidad encontrada en los claros testigo y, transcurridos ocho meses, la cobertura de estas plantas se mantuvo más baja en los claros testigo.

Cuadro 3. Cobertura (%) de toda la vegetación (categoría *Total*) y de formas individuales de vida vegetal < 2 m de altura, en cuadrantes de 4m^2 de cuatro tratamientos, dos y ocho meses después de la aplicación de tratamientos en claros de aprovechamiento recientemente creados en un bosque seco de Bolivia.*

Forma de vida	Testigo	Sólo desbroce	Sólo quema	Desbroce y quema
1 mes post-quema				
Total	43.4 a	35.0 ab	28.5 b	13.3 b
Bejucos	7.9 a	4.8 ab	2.0 b	2.3 b
Arbustos	19.4 a	15.4 ab	12.6 b	8.2 c
Plantas herbáceas	16.5 a	16.8 a	10.1 b	6.3 b
Bromeliáceas	11.5 a	4.3 ab	10.4 a	0.7 b
Gramíneas	0.8 a	1.1 a	0.5 a	0.7 a
8 meses post-quema				
Total	67.9 a	65.0 ab	55.6 bc	49.7 c

Continuación Cuadro 3.

Forma de vida	Testigo	Sólo desbroce	Sólo quema	Desbroce y quema
Bejucos	29.6 a	25.6 a	25.4 a	27.2 a
Arbustos	4.1 a	4.5 a	6.1 a	4.2 a
Plantas herbáceas	18.6 a	21.2 a	16.8 a	15.6 a
Bromeliáceas	14.1 a	7.4 ab	16.9 a	1.3 b
Gramíneas	6.8 a	7.2 a	3.0 a	1.8 a

*Las medias que llevan la misma letra, en la misma fila, no son significativamente diferentes cuando $p = 0.05$.

SECCION IV

Discusión

A pesar de la falta de diferencias estadísticas, la densidad media de las especies comerciales tendió a ser mayor en los claros tratados, especialmente en los sujetos a desbroce y quema. Los claros tratados mostraron entre 1.7 y 3.3 veces más regeneración que los claros testigo. La falta de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos se puede atribuir, en parte, a la gran variabilidad en cuanto a condiciones de micrositio y la baja densidad de regeneración de especies arbóreas individuales en todos los tratamientos. La gran variabilidad de estos datos puede indicar que ciertos factores adicionales, ajenos a los efectos específicos de los tratamientos, estarían influyendo en las especies comerciales. Estas variables incluyen la densidad y producción de semillas de los árboles maduros ubicados cerca de los claros, así como las condiciones de micrositio, debidas a la topografía, dentro de los claros (Fredericksen *et al*. en imprenta). Las fluctuaciones en la producción interanual de semillas podría explicar, en particular, el reclutamiento menor a lo previsto de especies heliófitas en claros desbrozados y quemados. En 1997, en otro bosque seco de Bolivia, se observó una regeneración abundante de *A. colubrina* y *A. urundeuva* en caminos madereros y rodeos, posteriormente a un año de gran producción de semillas (Fredericksen y Mostacedo 2000). Sin embargo, la producción de semillas fue extraordinariamente baja en Amazonic en 1998 (Fredericksen, observación personal), lo que sin duda redujo el reclutamiento potencial de estas especies heliófitas, de semillas livianas, en los claros sujetos a tratamiento. Los claros que se desbrozaron y/o quemaron mostraron el mejor establecimiento de plántulas de las mencionadas especies. Sólo *C. pluviosa* manifestó una tendencia opuesta, presentando las densidades más altas en los claros testigo y las más bajas en los claros desbrozados y quemados. *C. pluviosa* es una especie esciófita que, previsiblemente, podría producir grandes densidades de plántulas en los claros testigo sin tratamiento, puesto que éstos eran más sombreados debido a la mayor cobertura vegetal.

Investigaciones recientes, efectuadas en otro bosque seco de Bolivia, sugieren que la germinación de la mayoría de las especies de este tipo de bosque disminuye después de producirse incendios de baja intensidad y que gran parte de las semillas muere al ser expuesta a incendios de alta intensidad (Kennard 1999). Por consiguiente, sólo se puede esperar el reclutamiento por semillas, si la caída de éstas se produce posteriormente a las quemas. La mayoría de las especies arbóreas comerciales de los bosques secos bolivianos dispersan sus semillas entre julio y octubre (Fredericksen *et al.* en imprenta). Puesto que las quemas se realizaron en septiembre, cuando las condiciones son más propicias para el uso del fuego, muchas semillas de especies comerciales pueden haber sido destruidas por el fuego. La destrucción de semillas y plántulas, por acción del fuego, constituye una posibilidad bastante evidente en el caso de *C. pluviosa* (especie que tiene un período breve de dispersión de semillas que se extiende, generalmente, por un mes durante julio o agosto), la cual explicaría la mayor abundancia de ésta en los claros no sujetos a quema. Esta información enfatiza la necesidad de tomar en cuenta la fenología reproductiva de las especies comerciales potenciales, a tiempo de elaborar planes de manejo que incluyan quemas controladas.

Las condiciones para la germinación y el establecimiento de semillas de *A. colubrina*, que sobrevivieron el fuego, pueden haber sido ideales en los claros quemados, puesto que esta especie requiere alteraciones y condiciones de alta iluminación para regenerarse (Justiniano y Fredericksen 1998, Fredericksen y Mostacedo 2000). En contraste con *A. colubrina*, el reclutamiento de *C. microchaete* y *Tabebuia* spp. se produce, en su mayoría, mediante brotes de las raíces (Fredericksen *et al.*, en imprenta), que sobreviven al fuego y rebrotan después de los incendios (Kennard 1999, Gould 2000). No obstante, en el presente estudio, ninguna de estas especies que rebrotan respondió significativamente a los procedimientos de quema, quizás debido a su baja densidad general en todos los tratamientos.

Otros estudios efectuados en bosques secos del país (Kennard *et al.*, en imprenta, Mostacedo *et al.* 2000) sugieren que además de aumentar el reclutamiento, las tasas de crecimiento de plántulas deberían ser mayores en áreas quemadas, particularmente en zonas sujetas a incendios de alta intensidad, quizás como resultado de la reducción en la competencia de otras plantas, sobre y debajo la superficie, y del aumento temporal en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Aunque en el presente estudio los tratamientos de desbroce y quema sí redujeron significativamente la vegetación competidora, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto la tasa de crecimiento de las plántulas de especies comerciales. Si bien existe la posibilidad de que el crecimiento en altura aumente, con el tiempo, en los claros tratados, al parecer la cobertura vegetal comenzaba a asemejarse en todos los tratamientos, a sólo ocho meses de aplicarse éstos. El presente estudio respalda los resultados obtenidos por otros investigadores (Brokaw 1985, Uhl *et al.* 1988), que indican que el establecimiento inmediato, posterior a la formación de claros y anterior a la invasión de vegetación competidora, posiblemente tiene importancia para el éxito, a largo plazo, de la regeneración en claros.

Si bien se pudo observar una tendencia, no significativa, en el reclutamiento de regeneración en los claros tratados, los tratamientos fueron costosos en comparación con otros procedimientos silviculturales utilizados actualmente en Bolivia. Ramírez (1998) reporta que la aplicación de tratamientos en este estudio costó $US 6.25/claro para el desbroce, $US 8.30/claro para la quema y $US 13.60/claro para desbroce y quema. Sobre la base de un promedio de cuatro árboles aprovechados por hectárea en los bosques secos del país, los costos de tratamiento fluctúan entre $US 25 y 55 por hectárea. Estos son demasiado altos en comparación con otros tratamientos silviculturales que se emplean en el país. Por ejemplo, la corta de bejucos, previa al aprovechamiento, en árboles comerciales sólo cuesta $US 2 por hectárea (Fredericksen 2000b). Los tratamientos de quema son mucho más caros que los de desbroce, debido al alto costo que implica la construcción de barreras cortafuego alrededor de cada claro. Asimismo, las quemas requieren vigilancia durante varios días después de iniciarse, debido a que éstas pueden reavivarse por el viento y escapar al control. La quema puede ser más económica si se aplica en superficies grandes, pero existe el obstáculo de que el fuego no avance fuera de los claros de aprovechamiento debido a los altos niveles de humedad que existen en los bosques cerrados, excepto en épocas secas extremas.

Aparte de su alto costo, el uso de quemas controladas para la regeneración no es muy aceptado entre los profesionales forestales del país, debido a los grandes daños causados por los incendios forestales en los bosques secos de Bolivia. Por ejemplo, en un mes de la época seca del año 1999, se quemaron más de tres millones de hectáreas de bosque en el departamento de Santa

Cruz, a causa de incendios iniciados por la quema anual de pastizales y el chaqueo (Cordero 2000). En vista de esta situación, es probable que las quemas controladas se usen como un instrumento para la prevención y el control de incendios, antes de emplearse para estimular el reclutamiento y crecimiento de la regeneración. No obstante, otros estudios muestran que el fuego puede aumentar la regeneración de especies comerciales en estos bosques. La posibilidad del uso de tratamientos de preparación de sitio, bajo ciertas condiciones, no deja de ser una posibilidad, en especial si las quemas se pueden armonizar con la fenología de las especies arbóreas y si se pueden desarrollar técnicas para reducir el costo de aplicación de los tratamientos.

SECCION V

Conclusiones

Si bien sólo representan la respuesta inicial a los tratamientos, los resultados del presente estudio apuntan hacia las dificultades que existen para obtener un reclutamiento uniforme de regeneración comercial mediante tratamientos de desbroce y quema controlada en los bosques secos de Bolivia. Los altos costos constituyen, también, una barrera para la implementación de estos tratamientos silviculturales, particularmente por tratarse de un país en desarrollo con carencia de capital de inversión y bajos márgenes de utilidad. Por consiguiente, sería necesario efectuar mayores investigaciones, enfocadas en la creación de tratamientos silviculturales económicos para su aplicación en los bosques tropicales del país.

SECCION VI

Referencias Bibliográficas

Cordero, W. 2000. Determinación del daño causado por los incendios forestales ocurridos en los departamentos de Santa Cruz y Beni en los meses de agosto y septiembre de 1999. Informe Final. Corporación Andina de Fomento, Proyecto BOLFOR, & Geosystems. Santa Cruz, Bolivia. 43pp.

Denslow, J.S., A.M. Ellison & R.E. Sanford. 1998. Treefall gap size effects on above- and below-ground processes in a tropical wet forest. J. Ecol. 86:597-609.

Dickinson, M.B., D.F. Whigham & S.M. Hermann. 2000. Tree regeneration, felling, and natural treefall disturbance in a semi-deciduous tropical forest in Mexico. For. Ecol. Manage. 134:137-151.

Dirzo, R., C.C. Horvitz, H. Quevedo & M.A. Lopez. 1992. The effects of gap size and age on the understorey herb community of a tropical Mexican rain forest. J. Ecol. 80:809-822.

Fredericksen, T.S. 2000. Logging and conservation of tropical forests in Bolivia. Int. For. Rev. 2:271-278.

Fredericksen, T.S. 2000b. Selective herbicide application to control lianas in tropical forests. J. Trop. For. Sci. 12:561-570.

Fredericksen, T.S. & B. Mostacedo. 2000. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian dry tropical forest. For. Ecol. Manage. 131:47-55.

Fredericksen, T.S., B. Mostacedo, J. Justiniano, J. Ledezma. In press. Seedtree retention consideration uneven-aged management in Bolivian tropical forests. J. Trop. For. Sci.

Fredericksen, T.S. & F.E. Putz. In revisión. What conservationists should demand from forest managers. Cons. Biol.

Fredericksen, T.S. 1998. Limitations of low-intensity selective and selection logging for sustainable tropical forestry. Comm. For. Rev. 77:262-266.

Gould, K.A. & E.Quiviquivi. 2000. Regeneración arbórea posterior a la agricultura de chaqueo y quema en el oriente boliviano: Implicaciones para el manejo forestal. Documento Técnico No. 93. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Justiniano, M.J. & T.S. Fredericksen. 1998. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas: Curupaú (Anadenanthera colubrina). BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 31 pp.

Kennard, D.K. 1999. Regeneration of commercial tree species following controlled burns in a tropical dry forest in eastern Bolivia. Ph.D. Dissertation, University of Florida.

Kennard, D.K., K.A. Gould, F.E. Putz, T.S. Fredericksen & F. Morales. In press. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. For. Ecol. Manage.

Mostacedo, B., T.S. Fredericksen, K. Gould, M. Toledo. En imprenta. Plant community responses to wildfires in dry and sub-humid tropical forests in Bolivia. J. Trop. For. Sci.

Mostacedo, B.C. & T.S. Fredericksen. 1999. Regeneration status of important tropical forest tree species in Bolivia: assessment and recommendations. For. Ecol. Manage. 124:263-273.

Mostacedo, B., T.S. Fredericksen & M. Toledo. 1998. Respuestas de las plantas a la intensidad de aprovechamiento en un bosque semi-deciduo pluviestacional de la region de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Bol. Soc. Bot. Bol. 2:75-88.

Nittler, J.B. & D. Nash.1999. The certification model for forestry in Bolivia. J. For. 97:32-36.

Pinard, M.A., F.E. Putz, D. Rumíz, R. Guzmán & A. Jardim. 1999. Ecological characterization of tree species for guiding forest management decisions in seasonally dry forests in Lomerío, Bolivia. For. Ecol. Manage. 113:201-213.

Putz, F.E. 1991. Silvicultural effects of lianas. In: Putz, F.E., and H.A. Mooney (eds.). The Biology of Vines. Cambridge University Press, Cambridge.

Pyne, S.J. 1984. Introduction to Wildland Fire. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 455 pp.

Ramírez, F.C. 1998. Costos y rendimientos de quemas controladas en claros después de un aprovechamiento forestal. Tesis. Escuela Técnica Superior Forestal. Universidad Mayor de San Simón. Santa Cruz, Bolivia.

Urquieta, W.D. 1998. Efectos de las quemas controladas y su incidencia en la regeneración natural. Thsis. Escuela Técnica Superior Forestal. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

Wade, D., J. Ewel & R. Hofstetter. 1980. Fire in south Florida ecosystems. Forest Service General Technical Report SE-17. Southeastern Forest Experiment Station, North Carolina, USA.

Walstad, J.D. & C.D. Oliver. 1989. Decision-making factors in the application of slash burning: forest productivity and other concerns. In: Hanley, D.P., J.J. Kammenga, and C.D. Oliver (eds.). The Burning Decision: Regional Perspectives on Slash. Contribution No. 66, Institute of Forest Resources, University of Washington, USA.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA. 663 pp.