COMPARACION DE LA RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES VEGETALES A LOS INCENDIOS FORESTALES EN LOS BOSQUES TROPICALES SECOS Y HUMEDOS DE BOLIVIA

Documento Técnico 83/1999

Bonifacio Mostacedo
Todd S. Fredericksen
Kevin Gould
Marisol Toledo
Autores

Contrato USAID: 511-0621-C-00-3027-00
Chemonics International
USAID/Bolivia
Noviembre, 1999

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

Comparación de la Respuesta de las Comunidades Vegetales a los Incendios Forestales en los Bosques Tropicales Secos y Húmedos 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, con la asistencia técnica de Conservation International, Tropical Research and Development y Wildlife Conservation Society

TABLA DE CONTENIDO

			Página
RESUMEN EJECUTIVO			
SECCION I	INTRODUCCION		I-1
SECCION II	METODOLOGIA		II-1
	A.	Lugares de Estudio	II-1
	B.	Diseño del Muestreo y Recolecicón de Datos	II-1
	C.	Análisis de Datos	II-3
SECCION III	RESULTADOS		III-1
	A.	Daño Causado por Incendios - Mortandad de Arboles, Ataque de Hongos e Infestación por Bejucos	III-1
	B.	Diversidad y Composición de Especies Arbóreas del Dosel y Sub-dosel	III-4
	C.	Diversidad y Composición de Especies En el Estrato de Arbustos/Brinzales	III-5
	D.	Composición y Diversidad de Especies de Bejucos	III-6
	E.	Composición de Especies del Estrato del Bosque	III-6
SECCION IV	DISCUSION		IV-1
SECCION V	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		V-1

Cuadros:

1. Daños a árboles (dap > 10 cm) causados por incendios en bosques sub-húmedos (La Chonta) y secos (Las Trancas) en Bolivia. Los errores estándar de las medias se presentan entre paréntisis. También se presentan los resultados de las pruebas t. **(Pg.III-1)**

2. Riqueza de especies (número de especies) y diversidad de árboles (dap > 10 cm), bejucos y estrato de arbustos/brinzales en parcelas ubicadas en áreas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Se usó la prueba t para comparar los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') a un nivel de 0.05. **(Pg.III-4)**

3. Area basal relativa (ABR) de especies arbóreas (dap > 10 cm) en areas quemadas por incendios y areas adyacentes en un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. **(Pg.III-5)**

4. Densidad real y relativa de las especies más dominantes del estrato de arbustos/brinzales (dap < 10 cm pero de altura mayor a 2 m) en areas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra dentro de cada tipo de bosque no son significativamente diferentes con un valor de P = 0.05 y mediante una prueba t de Student. **(Pg.III-7)**

5. Densidad real y relativa de las especies más dominantes de bejucos en areas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra dentro de cada tipo de bosque no son significativamente diferentes con un valor de P = 0.05. **(Pg.III-9)**

6. Porcentaje medio de cobertura de formas de vida del estrato bajo del bosque (altura < 2 m) en áreas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra en cada tratamiento no son significativamente distintas con un valor de P = 0.05 usando una prueba t de Student. **(Pg.III-10)**

Figuras

1. Area basal de árboles vivos, árboles con putrefacción en el tronco y árboles muertos en pie en dos tipos de bosque quemado y no quemado **(Pg.III-2)**

2. Infestación por bejucos de árboles vivos de dap >10 cm en a) bosques sub-húmedos tropicales quemados y no quemados y b) bosques secos tropicales quemados y no quemados en Bolivia **(Pg.III-3)**

RESUMEN EJECUTIVO

Se efectuó una comparación de las comunidades vegetales presentes en áreas quemadas por incendios ocurridos cinco años antes de la realización de este estudio y áreas adyacentes, sin quemar, en un bosque sub-húmedo tropical y un bosque seco tropical en el oriente de Bolivia. Ambos bosques tienen historiales de aprovechamiento selectivo, pero sólo el bosque sub-húmedo se había aprovechado previamente al incendio. El objetivo del estudio fue comparar el impacto del fuego en la composición de especies vegetales, la riqueza de especies y los rasgos estructurales de los tipos de bosque. El bosque sub-húmedo fue más dañado por el incendio que el bosque seco y mostró un mayor incremento en la infestación de bejucos posterior al fuego. La quema alteró la composición de especies, pero en distinto grado, dependiendo del estrato o tipo de bosque. En el bosques sub-húmedo, la riqueza de especies de árboles fue menor y la de bejucos mayor en las áreas quemadas, mientras que los incendios no afectaron la riqueza de árboles o lianas en el bosque seco. A la inversa, la densidad del estrato de arbustos y brinzales fue mayor en el área quemada del bosque seco, mas no así en el sub-húmedo. En lo que respecta al estrato más bajo de vegetación, la cobertura de pastos y arbustos de porte reducido fue mayor en las áreas quemadas de ambos tipos de bosque. En el bosque sub-húmedo, la cobertura de bejucos fue mayor y la de plantas herbáceas y palmeras menor en el área quemada. En el bosque seco, la cobertura arbórea y de plantas herbáceas fue mayor y la cobertura de bromeliáceas menor en el área incendiada. Los resultados del estudio indican que los bosques tropicales sub-húmedos y secos son afectados de distinta manera por los incendios forestales. A pesar de ser, en general, más resistente a la ignición por el fuego, la vegetación de los bosques sub-húmedos es afectada en mayor grado que la de los bosques secos por los incendios que se producen durante períodos de extrema sequía, especialmente cuando se efectúa aprovechamiento forestal previamente al período seco.

SECCION I

INTRODUCCION

SECCION I
INTRODUCCION

La frecuencia de los incendios forestales va en aumento en los bosques tropicales amazónicos como consecuencia del incremento de población dentro y alrededor de las áreas boscosas (Uhl y Buschbacher 1985, Holdsworth y Uhl 1997, Pinard et al. 1998). Los riesgos y posibles daños de los incendios son particularmente altos en los bosques donde se llevan a cabo actividades de extracción maderera, puesto que los restos de árboles cortados aumentan la cantidad de material combustible, además de incrementar la intensidad potencial de los incendios (Holdsworth y Uhl 1997, Kauffman et al. 1988, Uhl y Buschbacher 1985). Al aumentar la frecuencia de los incendios en bosques que evolucionaron bajo condiciones de baja incidencia de fuego, se pueden producir cambios marcados en cuanto a la composición de especies, la estructura y el valor económico de dichos bosques (Holdsworth y Uhl 1997, Pinard y Huffman 1997, Uhl 1998)

Los incendios, así como las consiguientes respuestas de las comunidades vegetales varían según el tipo de bosque. Si bien se sabe que ocurren incendios en los bosques húmedos tropicales, la mayoría de éstos se quema con poca frecuencia (Sanford et al., Meggers 1987). Debido a las prolongadas épocas secas, existe mayor probabilidad de incendios en los bosques secos tropicales. Asimismo, los bosques secos se encuentran más expuestos a los incendios ya que han estado sujetos a mayor intervención humana que los bosques húmedos (Murphy y Lugo 1986) y posiblemente hayan estado más expuestos, en general, al fuego. Si bien las tasas de ignición podrían ser más altas, los impactos de los incendios serán menores en los bosques secos si éstos se queman con mayor frecuencia y están, por lo tanto, más adaptados al fuego. En comparación con los bosques húmedos, la regeneración de varias especies de bosque seco también parece esta adaptada a perturbaciones de mayor escala, tales como los incendios, que las causadas por la dinámica natural de claros (Snook 1996; Mostacedo et al. 1998; Dickinson et al., en prensa).

En la Amazonía Boliviana se encuentran grandes extensiones de bosque primario y bosque aprovechado selectivamente. Sin embargo, la tasa de colonización y el uso de áreas boscosas aumenta continuamente (Pacheco 1998), al igual que la vulnerabilidad a los incendios. En esta zona existen tanto bosques tropicales secos como húmedos; no obstante, el impacto potencial del fuego sobre éstos puede ser muy distinto. En el presente estudio se comparan los impactos de los incendios forestales intensos sobre los bosques tropicales húmedos y secos que han estado sujetos al aprovechamiento selectivo. Se compararon los impactos, medidos en función al daño a los árboles en pie, la riqueza de especies vegetales y la composición de especies vegetales, en cada sitio, usando como testigo áreas adyacentes de bosque no quemado.

SECCION II

METODOLOGIA

SECCION II
METODOLOGIA

A. Lugares de Estudio

Las Trancas es un bosque estacionalmente seco de propiedad de las comunidades indígenas chiquitanas de la región de Lomerío y está ubicado al sur de Concepción (16E13'S. 61E50'O). La altitud fluctúa entre 410 y 470 m.s.n.m. La temperatura media anual de la zona es de aproximadamente 24.3EC y la media anual de precipitación alcanza los 1.100 mm. La mayor parte del área de Las Trancas está constituida por bosques de terrenos altos cuyo dosel, de 14 a 18 m de altura, es casi completamente deciduo durante los 6 ó 7 meses de la época seca. Los terrenos altos del lugar están dominados por varias especies de árboles, entre las cuales *Anadenanthera colubrina* y *Acosmium cardenasii* son las más numerosas. En el sitio, se ha efectuado aprovechamiento selectivo, de escala reducida, de cedro (*Cedrela fissilis*), roble (*Amburana cearensis*) y morado (*Machaerium scleroxylon*) durante lapsos indeterminados de tiempo.

La Chonta es una concesión forestal ubicada dentro de la Reserva Forestal de Guarayos (15E45'S, 62E60'O). El sitio está clasificado como bosque sub-húmedo tropical y tiene una temperatura media anual de 24.5EC y una media anual de precipitación de aproximadamente 1.500 mm. Algunas especies de este bosque pierden su follaje durante los 3 ó 4 meses de la estación seca, pero la mayoría de éstas se mantiene siempreverde. El dosel cerrado del bosque promedia los 20 a 22 m de altura y está dominado por especies características de los bosques húmedos bolivianos, incluyendo *Hura crepitans*, *Ficus glabrata* y *Pseudolmedia laevis*. Anteriormente a producirse los incendios forestales en el sitio, se había aprovechado mara (*Swietenia macrophylla*) de forma selectiva (Com. pers. José Ledezma, ex-administrador de operaciones de La Chonta).

Hacia fines de la estación seca del año 1993 (Las Trancas) y 1994 (La Chonta), intensos incendios forestales asolaron grandes extensiones de bosque en ambos sitios de estudio. Se supone que en los dos casos los incendios se originaron en pastizales que fueron quemados para fomentar el rebrote de plantas forrajeras para la ganadería. Si bien se quemaron extensas áreas de ambos lugares, las posteriores lluvias extinguieron ambos incendios, dejando áreas sin quemar en ambos lugares, las cuales comparten características de sitio y composición de especies con las zonas afectadas por el fuego. Puesto que el aprovechamiento se efectuó previamente al incendio en La Chonta, es probable que las cargas de materia combustible hayan sido mucho mayores que las de Las Trancas. En 1995, Pinard et al. (1998) describieron la respuesta al fuego de árboles y bejucos en La Chonta.

B. Diseño del Muestreo y Recolección de Datos

Entre junio y agosto de 1998, aproximadamente cuatro años después de los incendios, se muestrearon las comunidades vegetales en áreas adyacentes, quemadas y no quemadas, en ambos sitios. Con ayuda de guías de la zona, quienes presenciaron los incendios, se escogieron áreas de muestreo donde el fuego pasó con gran intensidad en ambos sitios. En cada lugar se eligió otra

área de muestreo, adyacente a la zona incendiada y similar en cuanto a topografía, suelos y posible composición vegetal previa al incendio, para ser utilizada como testigo. La única diferencia aparente entre áreas quemadas y no quemadas fue que las lluvias extinguieron los incendios antes de que éstos llegaran a las zonas sin quemar. Si bien en el pasado se han reportado otros incendios en ambos sitios, no se observaron indicios de fuegos recientes en las zonas testigo sin quemar. Puesto que en el estudio sólo se compara un área extensa, quemada o no quemada, de cada sitio, el diseño experimental implica, necesariamente, la pseudoreplicación. No obstante, dada la dificultad de replicar incendios forestales en la región, se estima que sería valedero comparar las respuestas al fuego que se produjeron en estos sitios.

En cada tipo de bosque (lugar de estudio), se estableció una transecta principal a través del centro aparente del área quemada y no quemada. También, se establecieron, con intervalos de 100 m, transectas secundarias perpendiculares a la transecta principal. Luego, se ubicaron lugares de muestreo, cada 50 m, a lo largo de las transectas secundarias, con un mínimo de cuatro puntos de muestreo (dos a cada lado de la transecta primaria) en cada una de éstas. Se estableció un total de 18 puntos de muestreo para cada combinación de sitio y quema. El número de muestras fue determinado, en gran parte, por el tiempo disponible para el muestreo en los lugares de estudio. En cada punto de muestreo, se establecieron parcelas de tres distintos tamaños, correspondientes con el tamaño de cada estrato de la comunidad de plantas a ser muestreada, incluyendo árboles (dap > 10 cm), vegetación del estrato de arbustos y brinzales (dap < 10 cm, pero > 2 m de altura), bejucos y lianas presentes entre estratos, y vegetación del estrato correspondiente al piso del bosque (< 2 m de altura) .

Se establecieron parcelas de tamaño variable (Barbour et al. 1987), usando un prisma (factor 10) para muestrear el área basal, la composición de especies y el daño causado por el fuego a los árboles de dap > 10 cm. Para cada árbol, se hicieron mediciones u observaciones del dap, presencia de carbón en la corteza, altura de la carbonización en el fuste (si existía), vigor (vivo no dañado, vivo pero con indicios de infección micótica, muerto en pie), y grado de infestación por bejucos (libre de bejucos, bejucos en el fuste pero no en la copa, bejucos en la copa pero sin cubrirla por completo y bejucos cubriendo la totalidad de la copa).

Los estratos de arbustos/brinzales y bejucos se muestrearon en una parcela cuadrada de 4 x 4 m, establecida alrededor del centro de cada punto de muestreo. Se registraron el dap y la especie de cada fuste situado dentro de estas parcelas. Las plantas del sotobosque se muestrearon mediante sub-parcelas cuadradas de 1 x 1 m ubicadas alrededor, pero a 1 m de distancia, del punto de muestreo, y dispersas hacia los cuatro puntos cardinales. Dentro de cada parcela, se estimó ocularmente el porcentaje de cobertura de cada una de siete formas de crecimiento vegetal (dicotiledóneas arborescentes, palmeras, arbustos, trepadoras, bromeliáceas terrestres, plantas herbáceas y pastos) con una aproximación del 10%. El porcentaje cubierto, en cada sub-parcela, por restos leñosos de diámetro > 5 cm se estimó con una aproximación del 10%.

C. Análisis de Datos

Se usaron pruebas *t* de Student para determinar las diferencias entre parcelas de muestreo quemadas y no quemadas dentro de cada tipo de bosque (n = 18). Los sitios no se compararon estadísticamente ya que éstos no fueron replicados. Se usó el índice de Shannon-Wiener como índice de diversidad vegetal. Se usó un œ de 0.05 para determinar diferencias estadísticas.

SECCION III

RESULTADOS

SECCION III
RESULTADOS

A. Daño Causado por Incendios - Mortandad de Arboles, Ataque de Hongos e Infestación por Bejucos

Al parecer, el incendio del bosque sub-húmedo fue más intenso y tuvo mayor impacto en la estructura del bosque que el ocurrido en el bosque seco. El porcentaje de árboles de dap mayor a 10 cm que mostraban daños causados por el fuego y la media de altura de la carbonización de la corteza fue mayor en el bosque seco que en el sub-húmedo. Asimismo, la diferencia entre área basal y restos leñosos en áreas quemadas y no quemadas fue mayor en el bosque sub-húmedo que en el seco (Cuadro 1). En ambos sitios, las zonas quemadas presentaban una cantidad proporcionalmente mayor de área basal de árboles muertos en pie e infectados por putrefacción micótica, en comparación con las zonas sin quemar (Figura 1). Sin embargo, esta proporción de área basal muerta y dañada fue mucho mayor en el bosque sub-húmedo que en el seco, para la mayoría de las clases de tamaño de árboles. Aparentemente, el daño a los árboles de diámetros grandes fue particularmente serio en el bosque sub-húmedo. En ambos sitios, la infestación por bejucos fue más marcada en las áreas no quemadas que en las quemadas, con un porcentaje mayor de árboles que mostraban bejucos entrando o cubriendo las copas en las zonas sin quemar (Figuras 2a, b). En las áreas quemadas y no quemadas, La Chonta presentaba una mayor cantidad de árboles totalmente avasallados por bejucos, con relación a Las Trancas.

Cuadro 1. Daños a árboles (dap > 10 cm) causados por incendios en bosques sub-húmedos (La Chonta) y secos (Las Trancas) en Bolivia. Los errores estándar de las medias se presentan entre paréntisis. También se presentan los resultados de las pruebas t.

Variables de daños	**Bosque Sub-húmedo**				**Bosque Seco**			
	No quemado N=18	Quemado N=18	T	P	No quemado N=18	Quemado N=18	T	P
Porcentaje de árboles con daños visibles casusados por el fuego	0.0 (0.0)	62.0 (6.2)	10.0	<0.001	0.0 (0.0)	11.9 (4.0)	3.0	<0.005
Altura de la carbonización en la corteza (cm)	0.0 (0.0)	159.0 (50.1)	10.0	<0.001	0.0 (0.0)	94.1 (16.0)	10.0	<0.001
Porcentaje de cobertura de residuos leñosos	0.4 (0.06)	8.8 (0.7)	2.97	<0.01	1.9 (0.10)	5.4 (0.38)	2.1	<0.05
Area basal viva (m^2/ha)	23.2 (2.1)	10.1 (1.4)	4.93	<0.001	22.5 (1.2)	16.3 (2.1)	2.59	<0.01

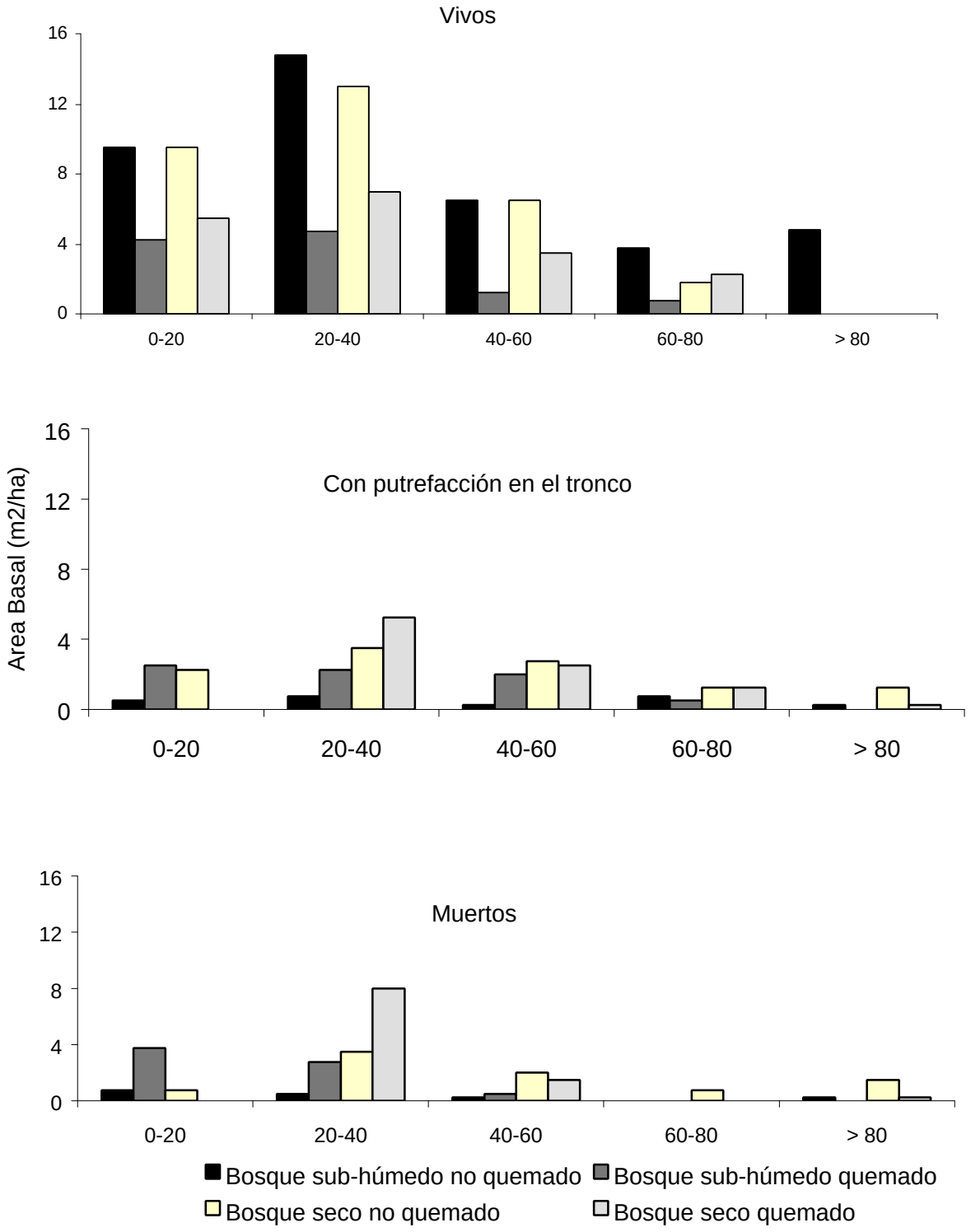
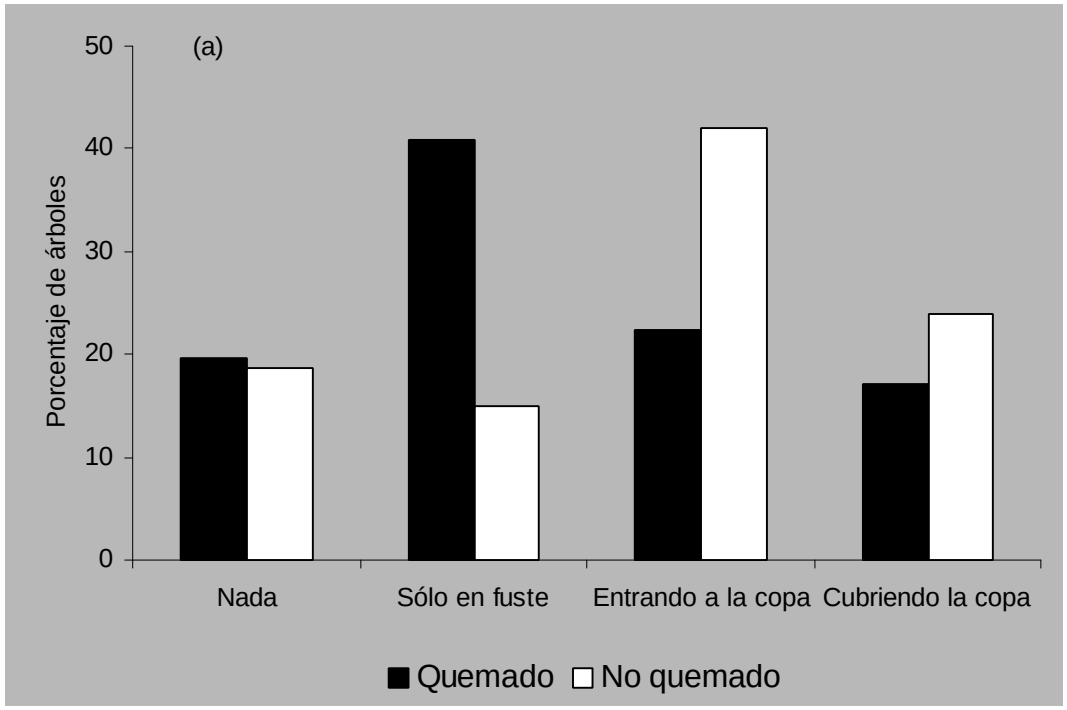


Figura 1. Area basal de árboles vivos, árboles con putrefacción en el tronco y árboles muertos en pie en dos tipos de bosque quemado y no quemado.



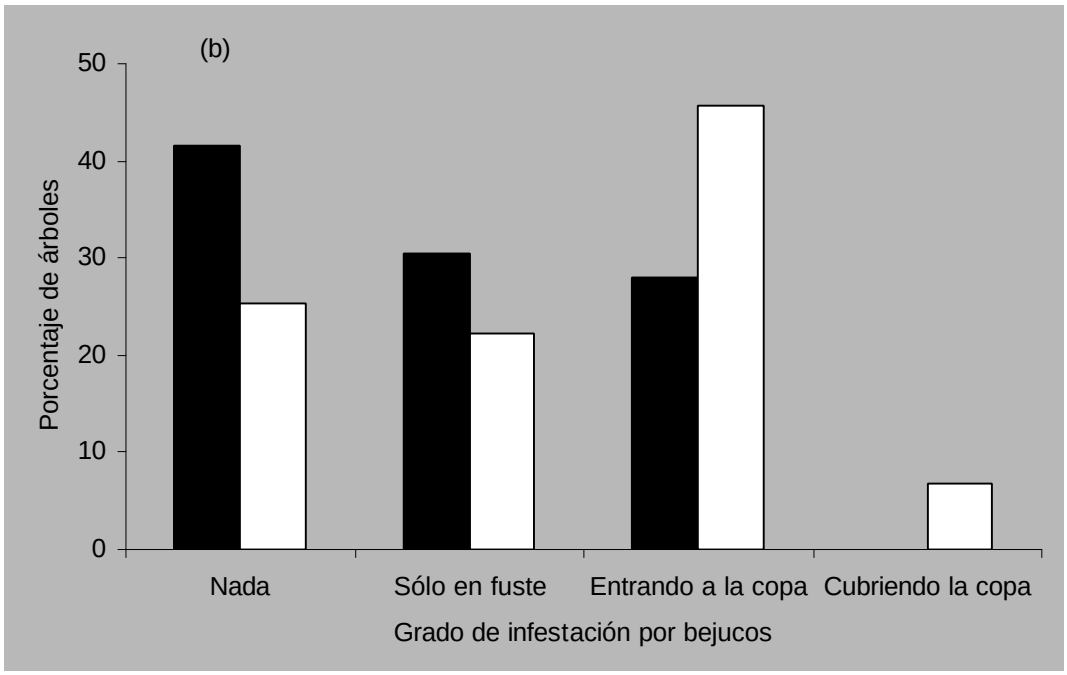


Figura 2. Infestación por bejucos de árboles vivos de dap > 10 cm en a) bosques sub-húmedos tropicales quemados y no quemados y b) bosques secos tropicales quemados y no quemados en Bolivia.

B. Diversidad y Composición de Especies Arbóreas del Dosel y Sub-dosel

La riqueza y diversidad de especies de los árboles maduros del bosque sub-húmedo fue mayor en el área no quemada (Cuadro 2). El área basal relativa de varias especies de árboles, especialmente las palmeras *Attalea speciosa* y *Attalea phalerata* y los árboles maderables *Amphelocera ruizii*, *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Casearia gossypiosperma* fue mayor en el área quemada de este sitio (Cuadro 3). Asimismo, las especies pioneras tales como *Cecropia* spp., *Heliocarpus americanus* y *Zanthoxylum* sp. fueron más abundantes en el área quemada del bosque sub-húmedo. El área basal relativa de *Pseudolmedia laevis* fue mucho menor y no se encontraron individuos de *Cariniana ianeirensis* en el área quemada de este sitio.

Los sitios quemados y no quemados del bosque seco presentaron el mismo número de especies arbóreas con dap superior a 10 cm (Cuadro 2). El área basal relativa de las dos especies arbóreas más dominantes cambió en los sitios quemados y no quemados: disminuyendo en la zona quemada el área basal relativa de *Acosmium cardenasii* y aumentando la de *Anadenanthera colubrina*. Varias especies heliófitas, incluyendo *Trema micrantha*, *Heliocarpus americanus*, *Urera baccifera* y *Enterolobium contortisiliquum*, se presentaron en el área quemada, mas no así en el área sin quemar del bosque seco.

Cuadro 2. Riqueza de especies (número de especies) y diversidad de árboles (dap > 10 cm), bejucos y estrato de arbustos/brinzales en parcelas ubicadas en áreas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Se usó la prueba t para comparar los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H:) a un nivel de 0.05.

Forma de vida	**No quemado**		**Quemado**		**T**	**P**
	Riqueza	H:	Riqueza	H:		
Bosque Sub-húmedo						
Arboles	37	1.14	28	1.31	2.77	<0.001
Bejucos	39	1.25	50	1.54	6.3	<0.001
Estrato arbustivo	27	1.21	30	1.22	0.12	>0.5
Bosque Seco						
Arboles	25	1.06	25	1.15	1.51	0.05
Bejucos	42	1.22	49	1.31	2.87	<0.01
Estrato arbustivo	25	1.28	32	1.27	0.10	>0.5

Cuadro 3. Area basal relativa (ABR) de especies arbóreas (dap > 10 cm) en areas quemadas por incendios y areas adyacentes en un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia.

Sub-húmedo		Seco	
Especies	**RBA**	**Especies**	**RBA**
No quemado			
Pseudolmedia laevis	31.7	*Acosmium cardenasii*	35.2
No identificada	16.8	*Anadenanthera colubrina*	14.8
Hura crepitans	9.0	*Caesalpinia pluviosa*	6.2
Terminalia spp.	6.0	*Astronium urundeuva*	4.9
Cariniana ianeirensis	3.0	*Chorisia speciosa*	4.9
Inga sp.	3.0	*Machaerium scleroxylon*	4.3
Aspidosperma sp.	2.4	*Acacia loretensis*	3.7
Myrciantes sp.	2.4	*Tabebuia impetiginosa*	3.7
Ficus glabrata	1.8	Unidentified	3.1
Ficus trigona	1.8	*Gallesia integrifolia*	1.8
Quemada			
Hura crepitans	13.7	*Acosmium cardenasii*	23.1
Aspidosperma sp.	9.6	*Anadenanthera colubrina*	19.7
No identificada	9.6	*Caesalpinia pluviosa*	6.0
Athalea phalerata	8.2	*Acacia loretensis*	5.1
Amphelocera ruizii	8.2	*Aspidosperma rigidum*	5.1
Casearia gossypiosperma	6.8	*Centrolobium microchaete*	5.1
Pseudolmedia laevis	4.1	*Tabebuia impetiginosa*	4.3
Pouteria sp.	4.1	*Heliocarpus americanus*	3.4
Terminalia spp.	4.1	*Copaifera chodatiana*	3.4
Astrocarium chonta	2.7	*Platypodium elegans*	3.4

C. Diversidad y Composición de Especies en el Estrato de Arbustos/Brinzales

La densidad de plantas en el estrato de arbustos y brinzales fue significativamente mayor en el área quemada de ambos sitios ($P < 0.05$), si bien las diferencias entre la zona quemada y la no quemada fueron mucho mayores en el bosque seco (Cuadro 4). No hubo diferencia en la riqueza y diversidad de especies entre las áreas quemadas y no quemadas de ambos tipos de bosque (Cuadro 2). El arbusto semi-leñoso *Costus* sp. dominó las áreas quemadas y no quemadas del bosque sub-húmedo (Cuadro 4), pero *Heliconia* sp. y *Piper* sp. sólo se encontraron en abundancia en el área sin quemar. El arbusto *Acalypha* sp. fue, con mucho, la planta más dominante del estrato de arbustos y brinzales en el área quemada del bosque seco. Con respecto a brinzales y latizales (dap < 10 cm, pero de más de 2 m de altura), el área quemada del bosque sub-húmedo estuvo dominada por géneros de plantas heliófitas pioneras tales como *Urera, Cecropia, Zanthoxylum, Trema* y *Heliocarpus*, mientras que los árboles de la familia Lauraceae dominaron el área no quemada (Cuadro 4). La zona quemada del bosque seco mostró altas densidades de *Trema* y *Heliocarpus*. Las leguminosas fueron más abundantes en el área quemada, mientras que las rubiáceas fueron más abundantes en el área no quemada de este sitio.

D. Composición y Diversidad de Especies de Bejucos

La riqueza y diversidad de especies de bejucos fueron mayores en el área quemada del bosque sub-húmedo. Se hallaron diferencias similares entre las áreas quemadas y sin quemar del bosque seco (Cuadro 2). En general, el bosque seco tenía el doble de densidad de bejucos que el bosque sub-húmedo (Cuadro 5). El área quemada del bosque sub-húmedo presentó una considerablemente mayor densidad de bejucos que el área no quemada ($P < 0.0001$), si bien no se observaron diferencias en la densidad de bejucos entre las áreas quemadas y sin quemar del bosque seco. Excepto por *Clitostoma uleanum*, las especies dominantes de bejuco en las áreas quemada y no quemada de La Chonta fueron diferentes, mientras que éstas mostraron mayor semejanza en el bosque seco (Cuadro 5). La excepción la constituyó la ausencia de *Philodendron* sp. en el área quemada del bosque seco, mientras que esta especie fue la segunda en abundancia en el área no quemada.

E. Composición de Especies del Estrato Bajo del Bosque

La cobertura total del estrato bajo del bosque (< 2 m de altura) no difirió entre las áreas quemadas y no quemadas de ambos sitios, sin embargo el porcentaje de cobertura varió entre áreas quemadas y sin quemar para la distintas formas de vida vegetal (Cuadro 6). La cobertura de arbustos bajos y pastos fue más alta en las áreas no quemadas de cada sitio. En el bosque seco, la cobertura de árboles y plantas herbáceas fue mayor en el sotobosque de las áreas quemadas, mientras que las parcelas quemadas mostraron una cobertura significativamente menor de bromeliáceas terrestres. En el bosque sub-húmedo, tanto la cobertura de palmeras como la de bejucos fueron marcadamente mayores en las áreas quemadas, mientras que la cobertura de plantas herbáceas fue significativamente mayor en las áreas sin quemar.

Cuadro 4. Densidad real y relativa de las especies más dominantes del estrato de arbustos/brinzales (dap < 10 cm pero de altura mayor a 2 m) en areas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra dentro de cada tipo de bosque no son significativamente diferentes con un valor de P = 0.05 y mediante una prueba t de Student.

Sub-húmedo			Seco		
Especies	**#/ha**	**%**	**Especies**	**#/ha**	**%**
No quemado					
Costus sp. 1	729	21.2	*Acosmium cardenasii*	243	12.5
Heliconia sp. 1	417	12.1	*Casearia aculeata*	208	10.7
Acanthaceae sp. 1	382	11.1	*Neea hermaphrodita*	174	8.9
Rubiaceae sp. 1	243	7.1	*Eugenia* sp. 1	174	8.9
Lauraceae sp. 6	208	6.1	*Opuntia brasiliensis*	174	8.9
Myristicaceae sp. 1	174	5.1	*Allophyllus edulis*	104	5.4
Sorocea sp. 1	139	4.0	*Aspidosperma rigidum*	104	5.4
Trichilia sp. 1	139	4.0	*Hybanthus* sp. 1	69	3.6
Lauraceae sp. 3	139	4.0	Rubiaceae sp. 1	69	3.6
Metrodorea sp. 1	69	2.0	*Simira* sp. 1	69	3.6
Piper sp. 1	69	2.0	*Piper* sp. 1	69	3.6
Myrtaceae sp. 2	69	2.0	*Urera baccifera*	35	1.8
Meliaceae sp. 2	69	2.0	*Nicotiana otophora*	35	1.8
Guarea sp. 1	69	2.0	*Serjania* sp. 1	35	1.8
Inga sp. 1	69	2.0	*Zanthoxylum sp.1*	35	1.8
Otras especies	454	13.3	Otras epecies	347	17.7
Total	127[a]	100.0	Total	78[b]	100

Continuación Cuadro 4.

Sub-húmedo			Seco		
Especies	**A/ha**	**%**	**Especies**	**A/ha**	**%**
Quemada					
Costus sp. 1	764	19.1	*Acalypha* sp. 1	868	25.8
Urera baccifera	590	14.8	*Neea hermaphrodita*	347	10.3
Zanthoxylum sp. 1	486	12.2	*Acosmium cardenasii*	208	6.2
Cecropia sp. 1	243	6.1	*Trema micrantha*	174	5.2
Cecropia concolor	243	6.1	*Heliocarpus americanus*	139	4.1
Heliconia sp. 1	208	5.2	*Anadenanthera macrocarpa*	139	4.1
Maranthaceae sp. 1	174	4.3	*Casearia arborea*	243	7.2
Inga sp. 1	174	4.3	*Allophyllus edulis*	104	*3.1*
Trema micrantha	139	3.5	*Aspidosperma cylindrocarpon*	*104*	3.1
Bactris major	104	3.5	*Simira* sp. 1	69	2.1
Heliocarpus americanus	69	*1.7*	*Trichilia elegans*	69	2.1
Solanum sp. 1	69	1.7	*Machaerium* sp.	69	2.1
Maclura tinctoria	69	1.7	*Centrolobium microchaete*	*69*	2.1
Jacaratia spinosa	69	1.7	*Prockia crucis*	*69*	2.1
Aspidosperma sp. 1	69	1.7	*Casearia gossypiosperma*	*69*	2.1
Otras especies	523	12.4	Otras especies	*628*	18.3
Total	133[a]	100.0	Total	105[a]	*100*

Cuadro 5. Densidad real y relativa de las especies más dominantes de bejucos en areas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra dentro de cada tipo de bosque no son significativamente diferentes con un valor de P = 0.05.

Sub-húmedo			Seco		
Especies	**#/ha**	**%**	**Especies**	**#/ha**	**%**
No quemado					
Monstera obliqua	1215	20.7	*Tinouia* sp. 1	2986	16.5
Clitostoma uleanum	903	15.4	*Philodendron* sp. 1	2431	13.4
Pleonotoma cf. *melioides*	764	13	*Serjania* sp. 1	2222	12.3
Hippocratea volubilis	417	7.1	Hippocratea volubilis	1771	9.8
Bignoniaceae sp.7	313	5.3	Arrabidaea fagoides	1736	9.6
Cydista decora	243	4.1	Serjania marginata	799	4.4
Doliocarpus sp. 1	139	2.4	Cydista decora	799	4.4
Melloa sp. 1	139	2.4	Malpighiaceae sp. 3	660	3.6
Celtis iguanaea	104	1.8	Trigonia boliviana	590	3.3
Cissus sicyoides	104	1.8	Perianthomega vellozoi	451	2.5
Sapindaceae sp. 5	104	1.8	Clitostoma binatum	382	2.1
Malpighiaceae sp. 1	104	1.8	Forsteronia pubescens	382	2.1
Fevillea pergamentacea	104	1.8	Malpighiaceae sp. 4	347	1.9
Trigonia boliviana	69	1.2	Clitostoma uleanum	347	1.9
Sapindaceae sp. 1	69	1.2	Arrabidaea binatum	382	2.1
Otras especies	1079	18.2	Otras especies	1805	10.1
Total	150[b]	100	Total	431[a]	100
Quemado					
Clitostoma uleanum	1042	10.5	*Tinouia* sp. 1	4063	21.5
Convolvulaceae sp. 1	590	5.9	Malpighiaceae sp. 4	2049	10.9
Laciasis sorghoidea	556	5.6	Hippocratea volubilis	1424	7.6
Sp. no identificada 05	486	4.9	*Amphilopium* sp.	1111	5.9
Serjania marginata	451	4.5	*Philodendron* sp. 1	1042	5.5
Sp. no identificada 06	451	4.5	Sapindaceae sp. 1	1007	5.5
Acacia sp. 1	382	3.8	Serjania marginata	799	4.2
Cissus sicyoides	382	3.8	*Serjania* sp. 1	799	4.2
Phaffia sp. 1	347	3.5	Malpighiaceae sp. 3	556	2.9
Pleonotoma cf. *melioides*	347	3.5	Sapindaceae sp. 2	521	2.8
Hippocratea volubilis	313	3.1	*Serjania* sp. 2	521	2.8
Monstera obliqua	313	3.1	*Manaosella* cordifolia	486	2.6
Trigonia boliviana	278	2.8	Trigonia boliviana	451	2.4
Cissampelos tropaeolifolia	243	2.4	Arrabidaea fagoides	382	2.0
Stizophyllum inaequilaterum	243	2.4	Malpighiaceae sp. 1	278	1.5
Otras especies	3541	35.7	Otras especies	3365	15.1
Total	199[a]	100	Total	385[a]	100

Cuadro 6. Porcentaje medio de cobertura de formas de vida del estrato bajo del bosque (altura < 2 m) en áreas quemadas y no quemadas de un bosque sub-húmedo (La Chonta) y seco (Las Trancas) en Bolivia. Las medias representadas con la misma letra en cada tratamiento no son significativamente distintas con un valor de P = 0.05 usando una prueba t de Student.

Forma de vida	**Bosque sub-húmedo**				**Bosque seco**			
	No quemado	Quemado	T	P	No quemado	Quemado	T	P
Arboles dicotiledóneos	9.7	10.2	0.12	0.90	4.4	13.0	4.22	<0.001
Palmeras	3.1	7.5	1.83	0.07	0.0	0.0	0.00	1.00
Arbustos	7.0	12.0	1.28	0.21	20.5	33.0	2.48	0.02
Bejucos	23.3	38.6	2.40	0.02	31.3	32.3	0.35	0.72
Hierbas	72.2	44.1	3.81	<0.001	11.8	23.4	2.32	0.03
Pastos	7.4	23.8	4.74	<0.001	1.0	3.3	1.86	0.07
Bromeliáceas terrestres	0.0	0.0	0.00	1.0	43.4	17.0	1.16	<0.001
Total	86.5	87.4	0.18	0.86	78.9	83.6	1.16	0.63

SECCION IV

DISCUSION

SECCION IV
DISCUSION

Los incendios tienen un gran impacto en la estructura, composición y diversidad de especies tanto en los bosques sub-húmedos como en los secos del presente estudio. Los incendios causaron mortandad de árboles del dosel y sub-dosel, indujeron putrefacción del fuste en varios árboles que sobrevivieron al fuego y promovieron el dominio de especies pioneras tolerantes al fuego. No obstante, el incendio del bosque sub-húmedo fue más intenso que el del seco, como lo evidencia la altura de la carbonización, y los impactos del fuego fueron mayores en relación a las áreas testigo no quemadas, en lo que se refiere a mortandad de árboles y cambios de la composición de la vegetación.

Se supone que ninguno de estos bosques ha estado sujeto a incendios frecuentes, aunque se desconoce la frecuencia exacta de este fenómeno en ambos sitios. La concesión La Chonta está rodeada por tierras de uso agrícola y ganadero, lo que implica la amenaza de incendios durante cada época seca (José Ledezma, com. pers.). No obstante, se considera que los incendios forestales como el de 1995 son raros y posiblemente son resultado de la combinación de una época extremadamente seca y la presencia de una gran cantidad de material combustible producido por el aprovechamiento forestal (José Ledezma, com. pers.). Las épocas marcadamente secas pueden crear condiciones propicias para los incendios en bosques que comúnmente no son susceptibles a éstos (Nepstad et al. 1998), especialmente si se ha efectuado aprovechamiento forestal previamente (Uhl y Kauffman, Holdsworth y Uhl 1997). En Las Trancas, Pinard y Huffman (1997) estimaron, sobre la base de muestras de madera y entrevistas a residentes de la zona, que no se producían incendios desde hace 40 años, si bien en los bosques cercanos a las comunidades se lleva a cabo agricultura de roza y quema.

La comparación de los impactos del fuego entre tipos distintos de bosque tropical es difícil, puesto que el historial previo de incendios, las condiciones climáticas y las cargas de material combustible sin tener en cuenta el tipo de bosque, tienen una influencia importante en el comportamiento de los incendios (Kauffman et al. 1988, Pinard et al. 1999). Sin embargo, en un estudio realizado por Uhl y Buschbacher (1985) en el Brasil, se observó que en bosques altos, de dosel cerrado, el fuego se restringía al estrato de vegetación del suelo; donde mataba árboles pequeños, pero dejaba intactos a los de mayor porte. En bosques bajos, de dosel abierto, los incendios atacaban las copas de los árboles, causando daños graves. Asimismo, los bosques de dosel bajo generalmente mostraban una alta densidad de bejucos antes del inicio de los incendios, además de una mayor proliferación de bejucos y menor regeneración de árboles bajos y plantas herbáceas posteriormente al fuego, con respecto a los bosques de dosel cerrado. Ambos bosques fueron aprovechados selectivamente antes de los incendios. De acuerdo a la descripción de estos bosques (Uhl y Buschbacher 1985), el bosque sub-húmedo de La Chonta se puede comparar con el bosque alto, de dosel cerrado, de dicho estudio y el bosque seco de Las Trancas es similar al bosque bajo, de dosel abierto, del mismo. Es interesante señalar que las tendencias de los daños causados por los incendios en los bosques bolivianos son casi totalmente opuestas a las observados en los bosques brasileños. El bosque alto, de dosel cerrado, de La Chonta experimentó una cantidad proporcionalmente mayor de daños a árboles grandes, presentó mayor proliferación de bejucos y tuvo menor reclutamiento de regeneración arbórea y herbácea que el

bosque bajo, de dosel cerrado, de Las Trancas. Si bien la ignición y propagación de incendios forestales normalmente serían más difíciles en el bosque sub-húmedo de La Chonta que en el bosque seco de Las Trancas, el aprovechamiento efectuado anteriormente puede haber invertido esta tendencia, causando mayor intensidad del fuego, con el correspondiente impacto observado en La Chonta.

La proliferación de bejucos (trepadoras leñosas) posterior a los incendios forestales ha sido advertida en varios estudios (Woods 1989, Pinard et al. 1999). No obstante, la densidad de bejucos en áreas quemadas y sin quemar de Las Trancas fue similar. Al igual que los árboles, muchos bejucos tienen capacidad para rebrotar vigorosamente después de los incendios, a partir de sistemas radiculares intactos, lo cual les confiere una ventaja competitiva en la recolonización de zonas quemadas. Al parecer, en La Chonta los bejucos dominaron, rápidamente, el área quemada de este sitio y han mantenido densidades constantes desde entonces; la densidad de bejucos un año después del incendio fue de 10.900 tallos/ha (Pinard et al. 1999) y 9.965 tallos/ha a los cuatro años. El incendio forestal en realidad redujo la infestación de los árboles en pie, en comparación con las áreas no quemadas de ambos sitios; pero el incremento en la regeneración de bejucos en La Chonta posiblemente invertirá este patrón en el futuro.

A pesar de las diferencias anteriormente descritas, se observaron similaridades en el impacto de los incendios en ambos sitios. El fuego aumentó la invasión de especies pioneras, especies que se regeneran mediante rebrote y especies con corteza gruesa resistente al fuego. La rápida aparición de especies pioneras, tales como *Cecropia*, *Urera* y *Heliocarpus*, en las áreas quemadas de ambos sitios, fue posiblemente el resultado de la germinación de bancos de semillas presentes en el suelo (Uhl y Clark 1983) o quizás de dispersores voladores de semillas, tales como aves y murciélagos (Uhl y Jordan 1984). No obstante la abundancia de dichas especies en los años siguientes a los incendios, es posible que éstas desaparezcan de estas áreas al proceder la sucesión en ambos sitios.La dirección de la sucesión posterior a los incendios en ambos sitios es incierta, pero podría desplazarse hacia especies con mayor capacidad de rebrote. Kauffman (1991) reporta que después de un incendio en un bosque húmedo de la Amazonía Oriental, 59% de las especies arbóreas mostraron capacidad de rebrote posterior al fuego, si bien el porcentaje de tallos de las especies que rebrotaron fue variable. La relativamente alta abundancia de ciertas especies en el área quemada de Las Trancas puede estar vinculada con la capacidad de rebrote; tal como es el caso de *Centrolobium microchaete*, cuya regeneración se produce, primordialmente, mediante rebrotes en lugar de semillas (Fredericksen *et al*., en prensa).

Al realizar un muestreo de daños en los árboles, un año después del incendio de La Chonta, Pinard et al. (en prensa) determinaron que una tercera parte de los árboles que sobrevivieron al fuego presentaban daños basales en el cambium, lo cual posiblemente explica el porcentaje similar de área basal con putrefacción micótica en este sitio. Los árboles con mayores probabilidades de morir y sucumbir al ataque de hongos son las especies de corteza delgada: rasgo que los hace propensos a la muerte del cambium durante los incendios. Los árboles de especies con corteza delgada son más susceptibles a la muerte del cambium que las de corteza más gruesa (Uhl y Kauffman 1990, Pinard y Huffman 1997). En el bosque sub-húmedo quemado de La Chonta la presencia de las especies de corteza delgada, relativamente comunes en el bosque no quemado, fue rara o nula. Dichas especies son *Inga* spp., *Cariniana* spp. y *Pseudolmedia laevis*. Pinard et al. (1999) no reportaron una gran mortandad de estas especies al

año de ocurrido el incendio, pero se debe señalar que el daño causado por el fuego no se produce rápidamente, sino, más bien, a lo largo de un cierto número de años (Uhl y Buschbacher 1985). La mayor cobertura de palmeras en las áreas quemadas de La Chonta, se puede atribuir a su anatomía vascular, típica de las monocotiledóneas, con los tejidos del cambium profundamente insertos en el tallo (Uhl y Kauffman 1990). Las palmeras generalmente están ausentes en el bosque seco de Las Trancas, aparte de los bosques de galería que crecen alrededor de ríos y arroyos estacionales.

La composición de especies de los estratos de vegetación arbustiva/brinzales y del piso del bosque, en áreas quemadas y no quemadas, difirió significativamente entre los dos tipos de bosque. Dichos cambios en la composición de especies de los mencionados estratos pueden implicar diferencias en la dirección de sucesión post-incendio en ambos tipos de bosque. En La Chonta, la densidad de las plantas del estrato arbustos/brinzales fue sólo levemente mayor en las parcelas quemadas que en las no quemadas; mientras que en Las Trancas, la densidad de dicho estrato fue 73% mayor en las parcelas quemadas, con respecto a las no quemadas. Dentro de este estrato, en las parcelas quemadas de Las Trancas se presenta una mayor cantidad de especies arbóreas comercialmente valiosas (*Anadenanthera colubrina*, *Centrolobium microchaete* y *Cedrela fissilis*) que en las parcelas no quemadas. Se han observado incrementos similares en la regeneración de árboles comerciales dentro de claros sujetos a quemas controladas (Kennard 1998). La aparente eliminación, por acción del fuego, de bromeliáceas terrestres en Las Trancas podría explicar, en parte, la mayor regeneración en las parcelas quemadas de esta zona. Se ha demostrado que las colonias densas de bromeliáceas terrestres inhiben considerablemente la regeneración arbórea (Fredericksen y Mostacedo, en prensa). En La Chonta, se observó la ausencia de especies comercialmente valiosas tanto en parcelas quemadas como no quemadas. Sobre la base de estos resultados, se puede afirmar que el fuego tendría un efecto positivo en el futuro valor económico del bosque de Las Trancas, pero que no aumentaría ni disminuiría la regeneración en La Chonta.

La quema de pastizales para el rebrote del pasto es una práctica común en Bolivia y en otras áreas de la Amazonía. Cuando estos fuegos se propagan hasta bosques recientemente aprovechados, generalmente arden con mayor facilidad e intensidad que en los bosques que no han estados sujetos a extracción, debido a la presencia de una mayor cantidad de residuos leñosos y la desecación causada por la apertura del dosel (Uhl y Buschbacher 1985, Kauffman et al. 1988). Los resultados del presente estudio confirman los grandes daños ecológicos y económicos que causan los incendios en otros bosques amazónicos (Uhl y Buschbacher 1985, Uhl 1998). No obstante, dichos resultados también sugieren que los bosques sub-húmedos serían igual o más vulnerables al daño causado por el fuego que los bosques secos, por lo menos en zonas donde el aprovechamiento forestal deja grandes cantidades de materiales leñosos combustibles o durante períodos de extremada sequía. Puesto que los bosques sub-húmedos se incendian con menor frecuencia y, por lo tanto, están menos adaptados al fuego que los bosques secos, el daño que se produce en éstos sería más acentuado.

SECCION V
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1987. Terrestrial Plant Ecology. - Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, 634 p.

Cochrane, A. M., and M. D. Schulze. 1998. Forest fires in the Brazilian Amazon. -Conserv. Biol. 12:948-950.

Dickinson M. B., D. F. Whigham, and S. M. Hermann. In press. Natural treefall disturbance as a model for selection forestry in a Mexican semideciduous tropical forest. - For. Ecol. Manage.

Fredericksen, T.S., J. Justiniano, B.Mostacedo, D. Kennard, and L. McDonald. 1999. Regeneration ecology of three leguminous timber species in a Bolivian dry forest. - Technical document, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Fredericksen, T.S. and B. Mostacedo. In review. Ground bromeliad interference with tree regeneration in a Bolivian dry forest. - J. Trop. Ecol.

Holdsworth, A.R., and C. Uhl 1997. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. - Ecol. Appl., 7:713-725.

Kauffman, J.B., C. Uhl, and D. Cummings. 1988. Fire in the Venezuelan Amazon 1: Fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. - Oikos 3:167-175. Kauffman, J. B. 1991. Survival by sprouting following fire in tropical forests of the eastern Amazon. - Biotrop. 23:219-224.

Kennard, D. 1998. Seedling establishment following fires of high and low intensities in a dry tropical forest. In Proceedings of the Annual Meeting of the Association for Tropical Biology. - Biotrop. Suppl. 30(2):30.

Meggers, B. J. 1987. The Early History of Man in Amazonia. - In Biogeography and Quaternary History in Tropical America. Whitmore, T.C. and G. T. Prance (eds.), Clarendon Press, Oxford, United Kingdom, pp.151-174.

Mostacedo, C. B., T. S. Fredericksen, and M. Toledo. 1998. Respuestas de las plantas a la intensidad de aprovechamiento en un bosque semideciduo pluviestacional de la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. - Rev. Soc. Boliviana Bot. 2:75-88.

Murphy, P. G. and A. E. Lugo. 1986. Ecology of Tropical Dry Forests. - Ann. Rev. Ecol. Syst. 17:67-88.

Nepstad, D., A. Moreira, A. Veríssimo, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, C. Nobre, A. Setzer, T. Krug, A.C. Barros, A. Alencar, J.R. Pereira. 1998. Forest fire prediction and prevention in the Brazilian Amazon. - Conserv. Biol. 12:951-953.

Pacheco. 1998. Estilos de desarrollo, deforestación, y degradación de los bosques en las tierras bajas de Bolivia. - CIFOR/CEDLA/TIERRA, La Paz, Bolivia, 389 p.

Pinard, A. M. and J. Huffman. 1997. Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. - J. Trop. Ecol. 13:727-740.

Pinard, A. M., F. E. Putz, and J. C. Licona. In press. Tree mortality and vine proliferation

following a wildfire in a subsub-humid tropical forest in eastern Bolivia. - For. Ecol. Manage.

Sanford, R. L., J. Saldarriaga, K. E. Clark, C. Uhl, and R. Herrera. 1985. Amazon rain forest fires. - Science 227:53-55.

Snook, L. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (Swietenia macrophylla King): grounds for CITES listing a major tropical timber species. - Bot. J. Linn. Soc. 122:35-46.

Uhl, C. 1998. Perspectives on wildfire in the sub-humid tropics. - Conserv. Biol. 12:942-943.

Uhl, C. and K. Clark. 1983. Seed ecology of selected Amazon Basin successional species.- Bot. Gaz. 144:419-425.

Uhl, C. and C.F. Jordan. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. - Ecol. 65:1476-1490.

Uhl, C., and R.J. Buschbacher. 1985. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. - Biotrop.17:265-268.

Uhl, C., and J. B. Kauffman. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. - Ecol. 71:437-449.

Woods, P. 1989. Effects of logging, drought, and fire on structure and composition of tropical forests in Sabah, Malaysia. - Biotrop. 21:290-298.