

# Los incendios en el bosque estacional semicaducifolio: repercusiones y regeneración en las orillas del bosque

A.C.G. Melo y G. Durigan

*En las orillas de los fragmentos boscosos, la recuperación de los árboles tras un incendio se ve obstaculizada por el crecimiento de pastos y trepadoras, que se restablecen más rápidamente y son también más susceptibles al fuego.*

El fuego es uno de los principales factores causantes de las pérdidas de biodiversidad en los bosques tropicales. Sus principales efectos en estos bosques se traducen en pérdidas en los recursos de biomasa, cambios en el ciclo hidrológico y en los nutrientes (Salati y Vosep, 1984) y en el empobrecimiento de las comunidades de plantas y animales nativos (Pinard, Putz y Licona, 1999). Tras estos sucesos, pueden producirse invasiones biológicas (Mueller-Dombois, 2001).

Se ha informado que las pérdidas de biodiversidad son particularmente graves en las orillas de los bosques. La poca humedad y el mayor número de árboles muertos (material inflamable) convierten las orillas de los bosques fragmentados en zonas más propensas a fuegos frecuentes que las zonas forestales interiores (Cochrane, 2003; Laurance *et al.*, 2001; Uhl y Kauffman, 1990). Además, es común en estos terrenos encontrar lianas más densas y pastos exóticos provenientes de las pasturas circundantes. En estudios anteriores se ha constatado que la regeneración de los fragmentos afectados por el fuego se ve impedida por el crecimiento de lianas (por ejemplo, Castellani y Stubblebine, 1993; Rodrigues *et al.*, 2004), y que en la orilla del bosque la disminución en la densidad y riqueza de los bancos de semilla después de los incendios es mayor (Melo, Durigan y Gorenstein, 2007). Era de esperar entonces que tanto las pérdidas estructurales y florísticas como la capacidad de recuperación de las comunidades vegetales dependiesen de su distancia de la orilla del bosque.

Para probar esta hipótesis, el presente estudio ha examinado los efectos del fuego en las comunidades vegetales situadas a diferentes distancias de la orilla en un fragmento de bosque estacional semicaducifolio en Brasil. El artículo también

describe la dinámica de la recuperación de la estructura forestal y la riqueza de las especies tras el incendio.

## PORMENORES DEL ESTUDIO

La zona estudiada se encuentra en la parte norte de la estación ecológica Caetetus, en el estado brasileño de São Paulo (22°23'17"S y 49°41'47"O). El clima es tropical con una estación seca que por lo general se extiende de abril a agosto. El bosque está separado de las plantaciones de café vecinas por una carretera sin asfaltar de 5 m de ancho, donde prolifera el pasto invasivo *Panicum maximum*.

En 2003, al término de una estación seca excepcionalmente larga, un fuego accidental quemó una superficie de cerca de 60 a 80 m de ancho y 300 m de largo. Esta superficie se comparó con un bosque vecino sin quemar, que sirvió de control, situado a 40 m del primero y en el cual las condiciones medioambientales eran las mismas.

Partiendo de la orilla hacia el interior del bosque, se instalaron en cada uno de los sectores (quemados y sin quemar) cinco fajas permanentes (de 10 m de ancho por 50 m de largo) compuestas cada una de cinco parcelas de 10 x 10 m. Entre las fajas se mantuvo una separación de por lo menos 10 m. Para efectuar comparaciones, las parcelas se agruparon en dos franjas de acuerdo con su distancia de la orilla del bosque: 0 a 20 m (franja externa) y 20 a 50 (franja interna).

Transcurridos seis meses después del incendio, todos los individuos pertenecientes a las especies arbóreas (de al menos 1,7 m de alto) fueron identificados, etiquetados y medidos, y clasificados en:

- individuos supervivientes: árboles vivos y cuya copa no presentaba signos de quemadura;
- individuos muertos: plantas sin hojas

Antônio Carlos Galvão de Melo y Giselda Durigan son ingenieros forestales e investigadores del Bosque estatal de Assis, Instituto Forestal, estado de São Paulo (Brasil).

### Comparación de los parámetros estructurales y la riqueza florística de las especies de árboles en la regeneración del bosque tras el incendio con el bosque sin quemar en la estación ecológica Caetetus (Brasil)

Tiempo después del incendio (meses)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)								Densidad (árboles/ha)							
	Total		Árboles supervivientes		Árboles regenerados a partir del banco de semillas		Árboles capaces de rebrotar		Total		Árboles supervivientes		Árboles regenerados a partir del banco de semillas		Árboles capaces de rebrotar	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
6	0,78	3,58	0	2,12	0,58	1,37	0,20	0,09	1290	3559	0	193	1100	3235	190	131
15	2,57	6,47	0	2,12	2,16	4,00	0,41	0,36	1690	4120	0	193	1310	3555	380	372
24	3,49	10,01	0	2,12	2,96	7,48	0,53	0,41	1890	4327	0	193	1430	3787	460	520
No quemados	20,68	20,26							1870	3607						

Tiempo después del incendio (meses)	Cubierta (%)								Número de especies de árboles							
	Árboles		Lianas		Pastos		Capaces de rebrotar		Crecidos a partir de semillas		Supervivientes		Riqueza de especies total			
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna		
6	20,0	50,6	79,9	69,3	11,8	0,6	8	10	6	10	0	16	14	26		
15	47,7	85,6	81,2	70,1	13,4	1,8	13	22	11	13	0	11	19	32		
24	47,3	87,5	85,2	76,9	14,1	0,1	15	23	13	23	0	11	24	37		
No quemados	62,4	70,8	71,4	62,0	9,8	0							45	66		

y que no presentaban indicios de rebrote;

- brotes: estructuras aéreas quemadas, brotes nacidos en la base del tallo o las raíces hasta una distancia máxima de 50 cm del tallo;
- reclutas: plantas que han emergido de la semilla tras el incendio.

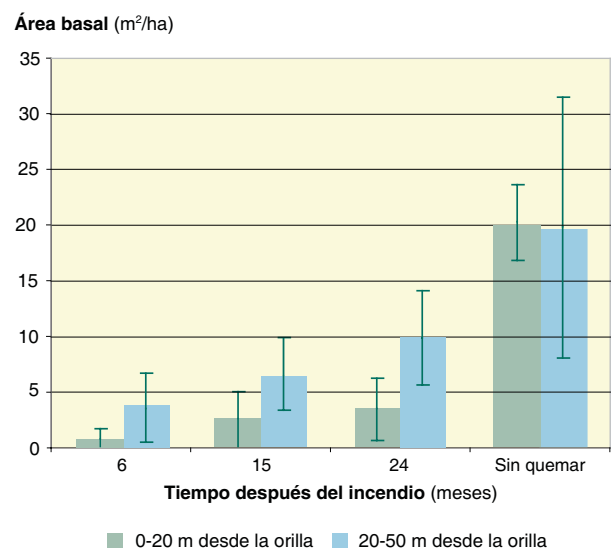
También se evaluó la cubierta vegetal como proporción de tierra ocupada por la proyección de las estructuras aéreas (ramas, hojas) en dos líneas paralelas en cada parcela, a 3 m de sus límites laterales. Los árboles, lianas y pastos (solo *P. maximum*) se midieron separadamente.

En el sector quemado los datos se recogieron a los 6, 15 y 24 meses tras el incendio. En el sector sin quemar, los datos se recogieron 24 meses tras el incendio.

#### ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LOS DAÑOS

El fuego causó daños considerables en la estructura y composición florística del bosque. Tanto la franja interna de bosque quemado como la externa diferían marcadamente del bosque sin quemar en cuanto a densidad arbórea y biomasa (representada por el área basal) (véase el Cuadro). Mientras menor era la distancia de la orilla, mayor había sido la intensidad de los daños (Figura 1).

1  
Área arbórea basal en diferentes períodos post-incendio comparada con el bosque sin quemar, estación ecológica Caetetus (Brasil) (las líneas verticales indican la desviación estándar)



La pérdida de biomasa estimada iba de 89 por ciento del área basal en la franja interna a 100 por ciento en la externa. La pérdida de biomasa indica la intensidad alcanzada por el fuego, y por consiguiente la degradación que el acontecimiento puede haber ocasionado en la comunidad vegetal (Kruger, 1984a; Whelan, 1995). En la franja externa, donde el número de árboles era menor, el fuego tuvo probablemente mayor intensidad debido a la presencia de pastos y lianas muy combustibles y tam-

bién a la más baja humedad relativa que normalmente caracteriza las orillas de los fragmentos forestales (Forman, 1995).

#### RECUPERACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE TRAS EL INCENDIO

El ritmo de recuperación del bosque también fluctuó de acuerdo con la distancia respecto a la orilla. Tanto el índice de vulnerabilidad como el ritmo de recuperación variaron según las especies.

En términos generales, 24 meses después



*La orilla del bosque, dos días después del fuego*



*La orilla del bosque, seis meses después del fuego; se pueden observar árboles quemados y biomasa alta de pasto *Panicum maximum**



*La orilla del bosque, 18 meses después del fuego, con abundancia de pastos y lianas que ascienden por los árboles muertos y vivos*

del incendio, la medición de la biomasa del bosque quemado no arrojaba los valores que se registraron en el bosque sin quemar, y la recuperación de la biomasa fue más lenta en la franja externa (Figura 1). En comparación con los árboles supervivientes y los brotes de individuos preexistentes, en ese momento los árboles regenerados a partir del banco de semillas o de la lluvia de semillas ya representaban la mayor porción del área basal (véase el Cuadro).

Si el aumento del área basal del bosque quemado permaneciese constante al ritmo que fue estimado mediante cálculos de regresión para los dos primeros años, la regeneración de la biomasa original tardaría 5 años en la franja interna y 11 en la externa.

El dosel se estabilizó alrededor de 15 meses tras el incendio en ambas franjas, pero alcanzó una altura mayor en la interna.

Las diferencias en la biomasa arbórea (densidad, cubierta y área basal) entre las franjas 24 meses tras el incendio se pueden explicar por diversos factores:

- la densidad arbórea era también menor cerca de la orilla antes del incendio, lo que redujo la disponibilidad de brotes para regeneración;
- el banco de semillas se había reducido considerablemente en la franja externa (Melo, Durigan y Gorenstein, 2007);
- los ya escasos plantones y brotes de especies arbóreas presentes en la franja externa hubieron de hacer frente a la fuerte competencia de trepadoras y pastos invasivos.

Los pastos y lianas (crecidos a partir del banco de semillas o de brotes radiculares) se recuperaron rápidamente en la zona quemada durante los primeros seis meses tras el incendio. Las trepadoras la cubrieron prontamente a lo largo de ese período pero no aumentaron después. Su espectro de adaptación a la replicación vegetativa es distinto del de los árboles (Gerwing, 2003) y su capacidad de regeneración es elevada; ello se traduce en una ocupación veloz de los lugares perturbados. Por lo tanto, las trepadoras son evidentemente más abundantes en las orillas (Janzen, 1980; Putz, 1984). También se ha informado de una aparición más frecuente de lianas (leñosas y herbáceas) cuando el fuego ha sido más intenso (Cochrane y Schulze, 1999).

El índice de rebrote de los pastos fue muy elevado. En las parcelas quemadas

externas la cobertura con *P. maximum* fue siempre mayor que en las internas, como por lo general también lo fue en la franja de bosque quemada externa en comparación con el bosque sin quemar. Una vez arraigados, los pastos pueden llegar a reducir la disponibilidad de luz en el piso de monte hasta el 99 por ciento (Hughes y Vitousek, 1993), lo que perjudica la germinación y el reclutamiento de las especies de árboles. Además de entorpecer el desarrollo de las especies de árboles, los pastos constituyen durante el invierno una fuente de combustible seco; el área resulta así propensa al estallido de nuevos fuegos.

#### REPERCUSIONES DEL FUEGO EN LA RIQUEZA FLORÍSTICA, Y CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN

La respuesta de las plantas al fuego, incluso dentro de la misma población, depende de la intensidad que el fuego haya alcanzado en los distintos lugares y de las características morfológicas y la ubicación de los individuos (Whelan, 1995). Al estudiar el efecto del fuego en los bosques estacionales en Mato Grosso (Brasil), Ivanauskas, Monteiro y Rodrigues (2003) determinaron que, en un conjunto de 76 especies, la tasa de mortalidad iba de 0 a 100 por ciento.

En el caso del presente estudio, la riqueza de especies en el bosque quemado era en general muy inferior a la del bosque sin quemar (véase el Cuadro). De las 77 especies muestreadas en el bosque sin quemar, 43 (56 por ciento) no habían sido muestreadas en el bosque quemado a los 24 meses tras el incendio. Dado que las especies pueden ser reintroducidas por dispersión de semillas o por el viento, su eliminación del bosque quemado puede ser temporal si el fuego lo invade solo parcialmente. Sin embargo, los resultados indican que el fuego es capaz de producir la extinción local de algunas especies cuando el fragmento de bosque se ha quemado en su totalidad.

En general, en los dos pastizales en las orillas se observó un aumento en el número de especies de árboles a lo largo del período de seguimiento (véase el Cuadro). Con el tiempo, las especies volvían a aparecer y producían una recuperación gradual de la riqueza de la comunidad; pero aun así, 24 meses después del incendio y en ambas franjas, en el bosque quemado había menos especies que en el sin quemar.

A partir del sexto mes y hasta el 24° tras el incendio, se observó en ambas franjas un incremento significativo en la densidad de brotes. Se ha informado que en varios ecosistemas de bosque tropical el rebrote es una estrategia importante de supervivencia durante la regeneración post-incendio (Uhl *et al.*, 1981; Kruger, 1984b; Rounn, 1993; Marod *et al.*, 2002; Kennard *et al.*, 2002).

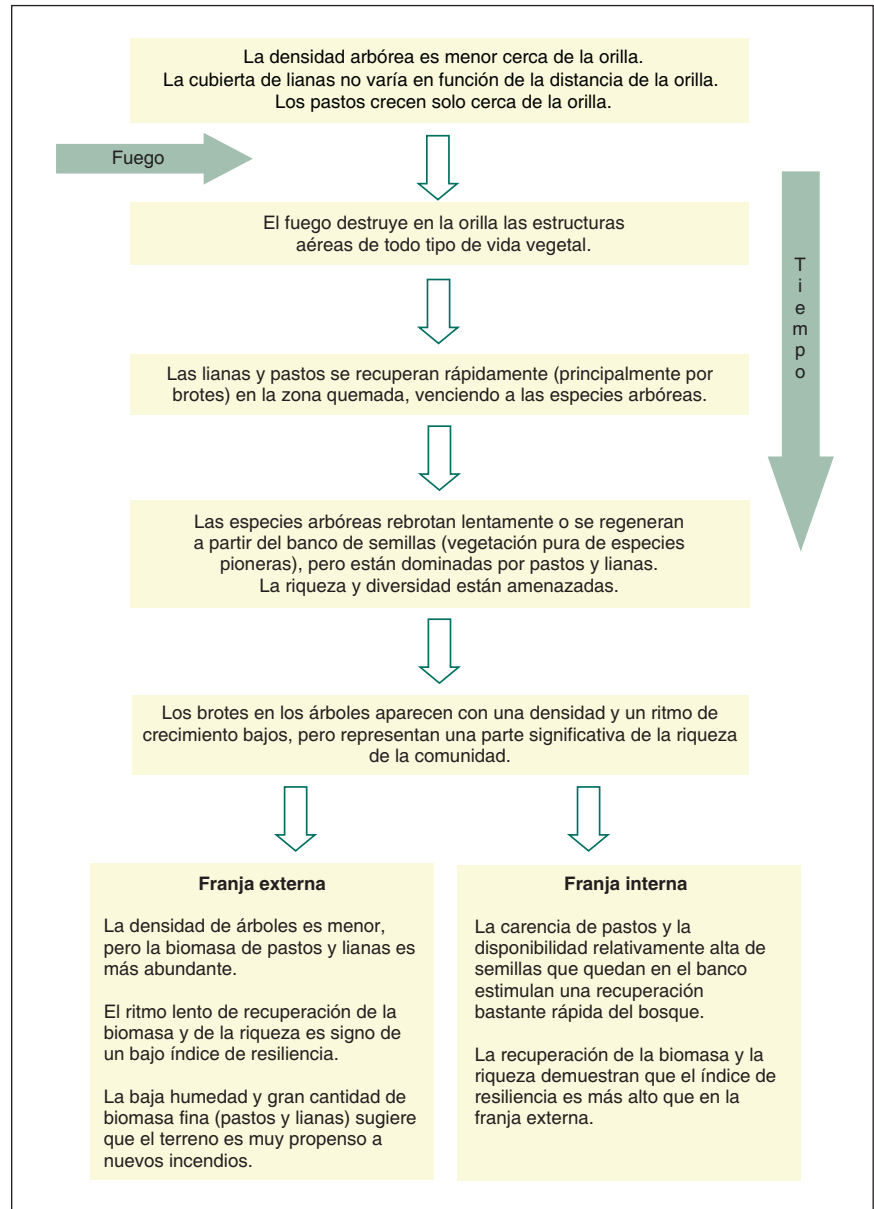
Los estudios anteriores han puesto de manifiesto que los bosques estacionales semicaducifolios contienen un número considerable de especies capaces de regeneración tras un incendio (Castellani y Stubblebine, 1993; Hayashi *et al.*, 2001; Rodrigues *et al.*, 2004). Sin embargo, la carencia de datos de seguimiento de largo plazo sobre las comunidades quemadas

hace imposible sacar conclusiones acerca del efecto del fuego y su presión sobre la evolución de las especies en este tipo de bosque.

#### CONCLUSIONES

El fuego resultó ser un poderoso agente de destrucción en el bosque estudiado: aniquiló casi por completo la biomasa arbórea y redujo asimismo la riqueza de las especies en la capa arbórea. En ambas franjas la recuperación de la biomasa forestal fue muy lenta (bajo índice de resiliencia).

2  
**Modelo propuesto para un período de regeneración post-incendio de dos años en la orilla de un bosque estacional semicaducifolio**





## Bibliografía

La recuperación de la estructura del bosque fue más rápida mientras mayor era la distancia desde la orilla; esta pauta parece relacionarse con el efecto de borde, ya existente antes del incendio.

Los pastos, presentes casi exclusivamente en las cercanías de la orilla del bosque, no impiden la llegada de las semillas pero sí inhiben la germinación, el establecimiento y el desarrollo de los plántones. Sin duda, su rápida proliferación en la comunidad surgida tras el incendio corta el desarrollo de las especies arbóreas a partir del banco de semillas y afecta a la regeneración de la comunidad. Por lo tanto, en la franja de 0 a 20 m desde la orilla del fragmento, la densidad de árboles es mucho menor que en la parte interior de la franja, donde los pastos están casi ausentes.

Los resultados del estudio permiten construir un modelo de los cambios estructurales que tienen lugar en los fragmentos de un bosque estacional semicaducifolio a lo largo de un período de dos años tras un incendio (Figura 2). Se formula la hipótesis de que la presencia de pastos y trepadoras, que ocupan rápidamente las zonas quemadas y son muy inflamables, es el factor que limita mayormente la tasa de recuperación de la biomasa arbórea. Las conclusiones de este estudio, concordantes con las de Cochrane y Schulze, 1999; Pinard, Putz y Licona, 1999; Cochrane, 2001, 2003; Mueller-Dombois, 2001; Slik *et al.*, 2008; Veldman *et al.*, 2009, indican que el modelo propuesto es aplicable a cualquier fragmento de bosque tropical donde el fuego ha representado una amenaza persistente cuyos efectos, en un círculo vicioso, se han visto exacerbados por el efecto de borde.

Las estrategias de ordenación encaminadas a prevenir los daños ocasionados por el fuego en los fragmentos de bosque deberían orientarse al control de la proliferación de los pastos y trepadoras a lo largo de las orillas del bosque, y no a la simple instalación de cortafuegos. Como alternativa a los métodos de control químico mediante plaguicidas, las cinturas protectoras formadas por especies no invasivas resistentes al fuego pueden representar un mecanismo adecuado para reducir la incidencia de la luz en las orillas del bosque, e impedir así el crecimiento de los pastos. ♦

- Castellani, T.T. y Stubblebine, W.H.** 1993. Sucessão secundária em mata tropical mesófila após perturbação por fogo. *Revista Brasileira de Botânica*, 16: 181–203.
- Cochrane, M.A. y Schulze, M.D.** 1999. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass and species composition. *Biotropica*, 31: 2–16.
- Cochrane, M.A.** 2001. Synergistic interactions between habitat fragmentation and fire in evergreen tropical forests. *Conservation Biology*, 15: 1515–1521.
- Cochrane, M.A.** 2003. Fire science for rainforests. *Nature*, 421: 913–919.
- Forman, R.T.** 1995. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Gerwing, J.J.** 2003. A diversidade de histórias de vida natural entre seis espécies de cipós em floresta nativa na Amazônia Oriental. En E. Vidal y J.J. Gerwing, eds. *Ecologia e manejo de cipós na Amazônia Oriental*, p. 95–119. Belém, Brasil, Imazon.
- Hayashi, A.H., Penha, A.S., Rodrigues, R.R. y Appezzato-da-Glória, B.** 2001. Anatomical studies of shoot bud-forming roots of Brazilian tree species. *Australian Journal of Botany*, 49: 745–751.
- Hughes, F. y Vitousek, P.M.** 1993. Barriers to shrub establishment following fire in the seasonal submontane zone of Hawaii. *Oecologia*, 93: 557–563.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R. y Rodrigues, R.R.** 2003. Alterations following a fire in a forest community of Alto Rio Xingu. *Forest Ecology and Management*, 184: 239–250.
- Janzen, D.H.** 1980. *Ecologia vegetal nos trópicos*. Temas de Biología, Vol. 7. São Paulo, Brasil, EPU/EDUSP.
- Kauffman, J.B.** 1991. Survival by sprouting following fire in tropical forest of the eastern Amazon. *Biotropica*, 23: 219–224.
- Kennard, D.K., Gould, K., Putz, F.E., Fredericksen, T.S. y Morales, F.** 2002. Effects of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 162: 197–208.
- Kruger, F.J.** 1984a. Effects of fire on vegetation structure and dynamics. En P.V. Booysen y N.M. Tainton, eds. *Ecological effects of fire in South African ecosystems*, p. 220–243. Berlín, Alemania, Springer-Verlag.
- Kruger, F.J.** 1984b. Fire in forest. En P.V. Booysen y N.M. Tainton, eds. *Ecological effects of fire in South African ecosystems*, p. 177–197. Berlín, Alemania, Springer-Verlag.
- Laurance, W.F., Perez-Salicrup, D., Delamonica, P., Fearnside, P.M., Dangelo, S., Jerolinski, A., Pohl, L. y Lovejoy, T.E.** 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology*, 82: 105–116.
- Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H. y Nakashikuzo, T.** 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. *Plant Ecology*, 161: 41–57.
- Melo, A.C.G., Durigan, D. y Gorenstein, M.R.** 2007. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 21: 927–934.
- Mueller-Dombois, D.** 2001. Biological invasions and fire in tropical biomes. En K.E.M. Galley y T.P. Wilson, eds. *Proceedings of the invasive species workshop: the role of fire in the control and spread of invasive species*, p. 112–121. Miscellaneous Publications 11. Tallahassee, Florida, EE.UU., Tall Timbers Research Station.
- Pinard, M.A., Putz, F.E. y Licona, J.C.** 1999. Tree mortality and vine proliferation following a wildfire in a subhumid tropical forest in eastern Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 116: 247–252.
- Putz, F.E.** 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panamá. *Ecology*, 65: 1713–1724.
- Rodrigues, R.R., Torres, R.B., Matthes, L.A.F. y Penha, A.F.** 2004. Trees species resprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires, Campinas, southeast Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47:127–133.
- Rouwn, A.** 1993. Regeneration by sprouting in slash and burn rice cultivation, Taï rain forest, Côte d'Ivoire. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 387–408.
- Salati, E. y Vosep, B.** 1984. Amazon Basin: a system in equilibrium. *Science*, 225: 129–138.
- Slik, W.F., Bernard, C.S., Van Beek, M., Breman, F.C. y Eichhorn, K.A.O.** 2008. Tree diversity, composition, forest structure and aboveground biomass dynamics after single and repeated fire in a Bornean rain forest. *Oecologia*, 158: 579–588.
- Uhl, C. y Kauffman, J.B.** 1990. Deforestation effects on fire susceptibility and the potential

- response of tree species to fire in the rain forest of the eastern Amazon. *Ecology*, 71: 437–449.
- Uhl, C., Clark, K., Clark, H. y Murphy, P.** 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazonian basin. *Journal of Ecology*, 69: 631–649.
- Veldman, J.W., Mostacedo, B., Peña-Claros, M. y Putz, F.E.** 2009. Selective logging and fire as drivers of alien grass invasion in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 258: 1643–1649.
- Whelan, J.** 1995. *The ecology of fire*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press. ♦