

El Bosque Lluvioso en América Tropical: Dinámica Forestal, Reforestación, Manipulación de las Semillas y Problemas de Manejo

Carlos Vázquez-Yanes and Alma Orozco-Segovia

Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

En la época actual los bosques altos perennifolios lluviosos de América tropical están siendo destruidos a una velocidad alarmante. Hay aún una considerable carencia de conocimientos básicos acerca de la dinámica forestal y de métodos adecuados para manejar este tipo tan complejo de comunidad vegetal. El entendimiento de los procesos de regeneración vegetal que tienen lugar después de la formación espontánea de claros en el bosque maduro está aclarando algunos aspectos de esta dinámica. El papel que juegan los árboles de corta vida y rápido crecimiento llamados pioneros, que colonizan los claros de luz y su efecto en el restablecimiento del ambiente forestal pueden ser decisivos en el desarrollo de métodos de manejo y reforestación con especies nativas. El almacenamiento y manejo de las semillas presenta dificultades para la mayoría de las especies maderables y frutales valiosas, debido a su alto contenido de humedad y tasa metabólica. Esto genera deficiencias en la disponibilidad de semillas de especies nativas para la reforestación y en la creación y mantenimiento de viveros de las especies más valiosas. Se necesita aún mucha investigación científica para resolver estos problemas. Tree Planters' Notes 43(4):119-124; 1992.

El bosque alto perennifolio tropical lluvioso es una comunidad vegetal fantásticamente diversa de los trópicos del mundo. Cubre una parte importante del Continente Americano tropical. La mayor superficie se extiende por millones de kilómetros cuadrados sobre la cuenca del río más caudaloso del mundo, el Amazonas. Hay otros parches más pequeños de bosque tropical lluvioso en América, la mayoría de ellos fuertemente alterados y reducidos por la actividad humana. Uno de ellos, de gran importancia por la gran cantidad de investigación básica efectuada en él, comienza en la costa pacífica de Ecuador y Colombia, cubre el Darién situado en la unión entre Sudamérica y América Central en la República de Panamá y continúa a lo

largo de la costa atlántica desde Panamá hasta Guatemala, entrando en Norteamérica a través del sureste de México. En este país cubría una franja a lo largo de la costa del Golfo de México hasta el estado de San Luis, Potosí cruzando el Trópico de Cancer, a alrededor de 400 km de la frontera de los Estados Unidos. En Centro América y México gran parte de este bosque ha desaparecido durante este siglo y sólo quedan parches importantes aislados en Panamá, Costa Rica, a ambos lados de la frontera entre México y Guatemala y en el estado mexicano de Oaxaca. En México sólo el 10% del bosque original aún existe, el resto está transformado en pastizales y cultivos como caña de azúcar, maíz y café. El estado de San Luis Potosí ha perdido todo su bosque tropical en sólo 20 años (Dirzo y Miranda 1991).

Una parte del conocimiento básico acerca del bosque tropical lluvioso viene de investigaciones hechas en tres instalaciones de investigación situadas a lo largo de la franja antes mencionada. Hacia el sur la Isla de Barro Colorado, Zona del Canal de Panamá (Smithsonian Tropical Research Institute) (Leigh et al. 1982); en "La Selva" en la parte norte de Costa Rica (Organization for Tropical Studies) (Clark et al. 1987) y en México en el macizo montañoso de "Los Tuxtlas" en el estado de Veracruz (Universidad Nacional Autónoma de México) (Gómez-Pompa y Del Amo 1985).

La principal diferencia entre el bosque tropical lluvioso con la mayoría de los bosques templados es la asombrosa abundancia de diferentes clases de árboles. La mayoría de los bosques tropicales están compuestos de una mezcla de especies con escasa o nula dominancia de ninguna de ellas. Una hectárea cuadrada del bosque amazónico puede tener hasta más de 200 especies diferentes de árboles, en el bosque costarricense 150 y en el mexicano algo menos de 100 (Bongers et al. 1988).

La diferencia en riqueza entre los bosques del sur y del norte se puede deber a la edad del bosque. El bosque actual de México y el norte de Centro América parece tener un origen relativamente reciente porque durante la última glaciación hace aproximadamente 10 000 años el clima era más seco en esta región de lo que es ahora, por lo que es posible que el bosque lluvioso no existía en esa época o era mucho menos extenso. La expansión del bosque hacia el norte comenzó después de la última glaciación (Toledo 1982).

La estructura del bosque lluvioso es muy compleja. Un perfil diagramático del bosque muestra un complejo arreglo de plantas que simulan diferentes estratos. El estrato inferior está formado por plántulas y arbolitos pequeños, palmas, plantas herbáceas. Sobre éste hay una capa de arbustos, pequeños árboles y palmas. Arriba árboles medianos y en algunos lugares más palmas. Sobre estratos se encuentra el dosel de árboles grandes que tiene entre 25 y 40 metros de altura dependiendo del lugar. Sobre el dosel hay aisladamente gigantescos árboles emergentes que pueden llegar a medir hasta 70 metros en las partes más exuberantes de la selva, creciendo sobre toda la diversidad de tamaños de árboles hay una asombrosa abundancia de plantas criptógamas, trepadoras, epífitas y árboles estranguladores que contribuyen a la complejidad estructural de la comunidad (figura 1) (Richards 1952).



Figura 1—Las ramas de los árboles están densamente cubiertas de plantas epífitas que incrementan su peso y ayudan a hacerlas vulnerables a las tormentas y al viento.

El principal factor limitante para las plantas pequeñas en este sistema es el escaso nivel de energía radiante que llega a los estratos bajos dentro de la selva. La luz disponible para la fotosíntesis se reduce a un mínimo y muchas plantas no pueden crecer en esta luz. Solamente las plantas situadas bajo la influencia de ocasionales flecos o rayos de luz pueden recibir suficiente energía para el crecimiento; sin embargo, para la mayoría de las plantas leñosas la única posibilidad de establecerse exitosamente y crecer hacia el dosel se da cuando se abre un claro en el dosel que puede permitir que más energía alcance los niveles bajos dentro de la comunidad (Chazdon 1988).

Dinámica del Bosque Lluvioso

Los claros en el dosel del bosque son disturbios naturales que ocurren al azar. La aparición de claros y el proceso de llenado de estas aperturas permiten explicar muchos aspectos de la estructura del bosque, sus mecanismos de regeneración y las características del crecimiento de los árboles que se presentan en los bosques lluviosos de América Central y México donde se han estudiado bastante bien (Brokaw 1985).

Los claros aparecen con frecuencia. Se calcula que cerca del 1% del dosel se transforma en un claro cada año (Poema et al. 1988). Las ramas o los árboles del bosque lluvioso no mueren de vejez, las raíces superficiales de los árboles, el peso de su carga de epífitas y trepadoras y el del agua durante las fuertes lluvias aunado al daño producido por termitas, hongos y otros parásitos los hace vulnerables a los vientos fuertes por lo que generalmente terminan su vida cayendo violentamente al suelo durante una tormenta, creando en esta forma una apertura en el dosel. Muchos árboles se desenraizan dejando un agujero de suelo expuesto que contribuye a la heterogeneidad del ambiente del claro (figura 2).

La súbita llegada de más energía luminosa a los niveles bajos del bosque tiene consecuencias para todas las plantas ubicadas bajo su alcance: pueden crecer nuevas ramas hacia la apertura, plántulas y arbolitos pueden desarrollarse más rápidamente, semillas fotosensibles pueden germinar e incluso algunas plantas de los estratos bajos pueden disponer finalmente de suficiente energía para producir flores y frutos (figura 3). Los claros generan nuevas oportunidades de crecimiento para muchas plantas permitiendo la renovación del dosel y ayudando en el mantenimiento de la diversidad de especies del bosque (Bazzaz 1984).



Figura 2—La mayoría de los árboles caen al suelo mucho antes de que sean lo suficientemente viejos para morir en forma natural, creando un hueco en el dosel.

Los claros grandes del bosque lluvioso se caracterizan por la aparición de una clase especial de árboles que no están presentes en los parches de selva madura. Estos árboles pioneros también llamados a veces "árboles maleza" por su rápido crecimiento y corta vida se tipifican por la formación de leño de muy bajo peso, una copa en forma de sombrilla formada por hojas heliófilas (requieren luz solar directa) y por una producción masiva de pequeñas semillas (figura 4). Sobreviven en claros medianos a grandes por 20 a 30 años hasta que árboles de más lento crecimiento de la fase madura del bosque acaban sombreándolos. El árbol pionero mejor conocido de América tropical es el palo de balsa que produce una madera ligera muy útil para maquetas (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1981).

Los árboles pioneros también son comunes en sucesiones secundarias producidas en áreas alteradas por la actividad humana, pero solamente cuando el suelo no está demasiado dañado y hay aún árboles semilleros cercanos. También crecen a



Figura 3—Los pioneros como estas delgadas y altas cecropias son colonizadores de claros grandes que juegan un papel importante en el proceso de cicatrización del bosque.

lo largo de los caminos y carreteras construídos através de bosques maduros y en algunos lugares son abundantes a lo largo de las riveras.

Algunos autores consideran a los árboles pioneros una forma de vegetación cicatrizante (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1981). De hecho estos árboles ayudan a restaurar las condiciones microclimáticas y la materia orgánica del suelo en las grandes aperturas del bosque y, debido a las características de su copa, no producen una sombra muy profunda. Bajo su protección las plántulas de árboles del bosque maduro podrían crecer mientras que sin ellos posiblemente no podrían sobrevivir. P pesar de que ha habido poca investigación acerca de este asunto, es obvio que los árboles pioneros van a jugar un papel importante en el manejo y reforestación de las especies nativas. Pueden tener importancia en la recuperación de la fertilidad del suelo y del microclima, lo que ayudaría al desarrollo de árboles del bosque maduro en áreas que están ahora desprovistas de su vegetación original (Gómez-Pompa et al. 1990).

Prácticas de Reforestación

La comprensión del proceso natural de regeneración del bosque lluvioso va a proveer de la información básica requerida para el manejo apropiado



Figura 4—El piso del bosque está cubierto de plántulas de crecimiento interrumpido o lento de muchas especies de árboles que esperan una oportunidad (un claro de luz) para crecer hacia el dosel.

de este tipo de bosque que hasta ahora ha sido explotado en una forma muy destructiva en todo el trópico americano. Los recursos maderables del bosque, en forma parecida a los minerales valiosos de una mina, se explotan hasta el agotamiento y si continuamos haciendo esto en el futuro, la desaparición del bosque en la mayor parte de los trópicos sólo requerirá de pocos años (Wilson 1988).

La actividad de los leñadores aún es vista por muchos conservacionistas como el principio del fin del bosque lluvioso. Estos extraen la madera valiosa construyendo caminos que son después la vía de entrada al bosque para los agricultores de roza, tumba y quema. Debido a la falta de técnicas de manejo apropiadas el bosque lluvioso puede aún ser considerado como un recurso natural no renovable (Gomez-Pompa et al. 1972).

La explotación de madera valiosa como la caoba en los bosques lluviosos de los trópicos americanos ha sido muy dañina para la especie que ahora está en peligro de extinción en parte de su área de distribución. Se han hecho algunos intentos de desarrollar viveros para producir plántulas de caoba con el fin de reemplazar los árboles derribados en el bosque, una práctica común en bosques templados, pero los resultados con caoba han sido muy decepcionantes en plantaciones porque los insectos parásitos terminan destruyendo todas las plántulas. Este es un buen ejemplo de como la extrema complejidad de las interacciones bióticas del bosque lluvioso requiere de mucho más investigación antes de que seamos capaces de desarrollar técnicas de manejo adecuado para muchas especies.

En los trópicos americanos la reforestación con especies nativas del bosque lluvioso se intenta rara vez. Con mayor frecuencia se usan especies exóticas como eucaliptos, gmelina, pinos tropicales del Caribe y Asia, con el objeto de crear bosques monoespecíficos de rápido crecimiento para la producción de madera y celulosa. Estos bosques manejados desplazan totalmente a las plantas y animales nativos y con frecuencia son notablemente pobres en otros seres vivos aparte de los árboles plantados.

Problemas con Semillas Tropicales

Las semillas de las diferentes especies de plantas son liberadas al ambiente con un amplio rango de niveles de humedad, tasas metabólicas y variedad de mecanismos de latencia que tienen influencia en su longevidad en el suelo y en almacenamiento artificial (Priestley 1986). Estos atributos de las semillas están cercanamente relacionados con las características del ambiente donde las plantas viven.

La disponibilidad de semillas para la reforestación en el bosque lluvioso es uno de los principales problemas que tienen que ser resueltos para desarrollar técnicas de manejo de especies nativas. La mayoría de los árboles del bosque lluvioso producen grandes semillas carnosas que germinan rápidamente originando plántulas con extensa superficie de raíces y hojas. Estas características están relacionadas con las condiciones casi continuamente favorables para la germinación que caracterizan al bosque lluvioso, la intensa competencia por luz que existe el nivel del suelo y las altas tasas de depredación de semillas y parasitismo que operan favorecidas por la continua alta temperatura y humedad del ambiente (Foster 1986).

La mayoría de las especies del bosque maduro se caracterizan por la falta de un periodo de latencia, un contenido alto de humedad y alta tasa metabólica (Garwood y Leighton 1990). Esta combinación de características se ajustan al tipo de semilla llamado recalcitrante tropical descrito por Roberts (1973) y redefinido por Bonner y Vozzo (1987). Por definición son difíciles o imposibles de almacenar por largos periodos de tiempo. Su sobrevivencia en el campo sobre la superficie del suelo, donde la mayoría de ellas germinan, es frecuentemente impredecible porque depende del balance entre ganancia de agua del suelo y la cantidad de esta perdida por transpiración, de acuerdo con los niveles de humedad atmosférica y calor (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1990). Para la mayoría de los árboles tropicales las únicas fuentes proveedoras de semillas para la reforestación y los viveros son los restantes parches de bosque maduro.

Los proveedores comerciales de semillas en los trópicos manejan principalmente especies exóticas como las ya mencionadas y algunas especies tropicales que producen semillas almacenables (ortodoxas; Roberts 1973) como ceiba, balsa, cedro tropical, teca de Asia, terminalia y algunas otras. La mayoría de las especies frutales o maderables valiosas del bosque lluvioso no pueden ser obtenidas en ningún banco de almacenamiento de semillas (Chip y Roberts 1980, FAO 1975, Willan 1985).

Como consecuencia de la falta de técnicas apropiadas de manejo de semillas y de métodos de reforestación combinado con las dificultades de explotación producidas por la diversidad y complejidad del bosque tropical lluvioso, los viveros de plántulas de especies nativas con fines de reforestación están pobremente desarrollados en la mayor parte del trópico húmedo. Pueden encontrarse algunas en instalaciones de investigación pero muy pocas de ellas están ligadas a la explotación comercial.

Conclusiones

A pesar de que ha habido un interés creciente en desarrollar investigación básica sobre la estructura y dinámica del bosque lluvioso en América por parte de científicos estadounidenses y latinoamericanos, hay aún una considerable falta de información que ligue el conocimiento que ya tenemos con el desarrollo de métodos conservacionistas de manejo, reforestación con especies nativas y manejo de semillas.

Literatura Citada

- Bazzaz, F.A. 1984. Dynamics of wet tropical forest and their species strategies. In: Medina, E.; Mooney, H.A.; Vázquez-Yanes, C., eds. *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. The Hague: Dr. W. Junk Publishers: 233-243.
- Bongers, F.; Popma, J.; Meave del Castillo, J.; Carabias, J. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio* 74:55-80.
- Bonner, F.T.; Vozzo, J.A. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Tech. Rep. SO-66. New Orleans: USDA Forest Service Southern Forest Experimental Station. 21 p.
- Brokaw, N.M. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66:682-687.
- Chazdon, R.L. 1988. Sunflecks and their importance to forest understory plants. *Advances in Ecological Research* 18:1-63.
- Chin, H.F.; Roberts, E.H. 1980. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Malaysia: Tropical Press SDN. 152 p.
- Clark, D.A.; Dirzo, R.; Fetcher, N., eds. 1987. *Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos*. *Rivista de Biología Tropical* 35: suplement 1.
- Dirzo, R.; Miranda, A. 1991. El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente americano, contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16(5):240-247.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations 1975. Report on the FAO/DANIDA training course on forest seed collection and handling. Chiang Mai, Thailand, February 17 to March 13, 1975. Rome: FAO. vol. 1, 80 p.; vol. 2, 75 p.
- Foster, S.A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *Botanical Review* 52:260-299.
- Garwood, N.C.; Leighton, J.R.B. 1990. Physiological ecology of seed respiration in some tropical species. *New Phytologist* 115:549-558.
- Gómez-Pompa, A.; Vázquez-Yanes, C.; Guevara, S. 1972. The tropical rain forest: a non-renewable resource. *Science* 177: 762-765.
- Gómez-Pompa, A.; Vázquez-Yanes, C. 1981. Successional studies of a rain forest in México. In: West, D.C.; Shugart, H.H.; Botkin, D.B., eds. *Forest succession, concepts, and applications*. New York: Springer-Verlag: 246-266.
- Gómez-Pompa, A.; Del Amo, S., eds. 1985. *Investigaciones Sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México*. México, DF: Alhambra Mexicana. 421 p.
- Gómez-Pompa, A.; Whitmore, T.H.; Hadley, M., eds. 1990. *Rain forest regeneration and management*. M.A.B. Series (UNESCO). Carnforth, Lancaster, UK: Parthenon Publishing. 457 p.
- Leigh, E.G., Jr.; Rand, A.S.; Windsor, D.M., eds. 1982. *The ecology of a tropical forest: seasonal rhythms and long term changes*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. 468 p.
- Popma, J.; Bongers, F.; Martínez-Ramos M.; Veneklaas, E. 1988. Pioneer species distribution in treefall gaps in neotropical rain forest; a gap definition and its consequences. *Journal of Tropical Ecology* 4:77-88.
- Priestley, D.A. 1986. Seed aging: implications for seed storage and persistence in the soil. Comstock, NY: Cornell University Press. 304 p.
- Richards, P.W. 1952. *The tropical rain forest*. Cambridge: Cambridge University Press. 450 p.

Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1:499-514.

Toledo, V.M. 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical México. In: Prance, G.T. ed. *Biological diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press: 93-111.

Vázquez-Yanes, C.; Orozco-Segovia, A. 1990. Seed dormancy in the tropical rain forest. In: Bawa, K.S.; Hadley, M., eds. *Reproductive ecology of tropical forest plants. Man and the Biosphere Series 7*. Carnforth, UK: UNESCO-Parthenon Publishing: 247-259.

Willan, R.L. 1985. A guide to forest seed handling with special reference to the Tropics. For. Pap. 20/2. Rome: FAO. 379 p.

Wilson, E.O., ed. 1988. *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press. 349 p.

Agradecimientos

Agradecemos al M. en C. Guillermo Ibarra el haber tomado en Los Tuxtlas, Veracruz, México, las fotografías que ilustran este trabajo.