



Silvicultura de bosques secundarios y de bosques degradados: las intervenciones silvícolas para su manejo en Centroamérica

Juan José Serrano-Molina, Diego Delgado-Rodríguez, Jean Pierre Morales

Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del Parlamento
de la República Federal de Alemania



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Serie técnica
Manual técnico no. 149

Silvicultura de bosques secundarios y de bosques degradados: las intervenciones silvícolas para su manejo en Centroamérica

Juan José Serrano-Molina, Diego Delgado-Rodríguez, Jean Pierre Morales

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica
2021

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2021.

ISBN 978-9977-57-739-5

634.92

S437 Serrano-Molina, Juan José

Silvicultura de bosques secundarios y de bosques degradados: las intervenciones silvícolas para su manejo en Centroamérica / Juan José Serrano Molina, Diego Delgado-Rodríguez y Jean Pierre Morales. – 1ª ed. – Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2021.

57 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 149)

ISBN 978-9977-57-739-5

1. Silvicultura 2. Bosques secundarios 3. Bosques degradados 4. América Central I. Delgado-Rodríguez, Diego II. Morales, Jean Pierre III. CATIE IV. Título V. Serie.

Créditos

Diseño: Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Contenido

| | | |
|-------|---|-----------|
| ----- | Prólogo | 6 |
| ----- | Introducción | 7 |
| ----- | Generalidades de los bosques secundarios y bosques degradados | 10 |
| | Los bosques secundarios | 10 |
| | Los bosques degradados | 13 |
| ----- | Silvicultura de bosques secundarios y bosques degradados | 15 |
| | Los sistemas silviculturales | 15 |
| | Principios básicos de los tratamientos silviculturales | 17 |
| | Tratamientos silviculturales en bosques naturales | 19 |
| | La cosecha o aprovechamiento de madera | 21 |
| | Liberación | 22 |
| | Refinamiento | 24 |
| | Saneamiento o mejora | 24 |
| | Raleo | 26 |
| | Corta de lianas | 27 |
| | Plantaciones de enriquecimiento | 28 |
| ----- | Recolección de información para la prescripción de tratamientos silviculturales en bosques | 32 |
| | Muestreo silvicultural | 33 |
| | Muestreo diagnóstico | 34 |
| | Muestreo de remanencia | 38 |
| ----- | Casos de estudios para la prescripción de tratamientos silviculturales | 40 |
| | Caso de estudio 1: bosque secundario Florencia, Costa Rica | 41 |
| | Caso de estudio 2: Bosque secundario Masiscarán, Honduras | 46 |
| ----- | Referencias | 51 |
| ----- | Anexos | 55 |

Prólogo



Este artículo fue producido como parte del proyecto **Desarrollo de Modelos Sostenibles de Manejo en Bosques Secundarios y sus Nexos con el Sector Privado Financiero**, liderado por la Unidad Bosques y Biodiversidad en Paisajes Productivos del CATIE y financiado por la Iniciativa Climática Internacional (IKI). El Ministerio Federal del Ambiente, la Conservación de la Naturaleza, la Construcción y la Seguridad Nuclear de Alemania (BMUB) apoyan esta iniciativa con base en una decisión adoptada por la Bundestag Alemana.

1

Introducción

Los bosques naturales comprenden el 93% de la superficie forestal global (37,5 millones de km²) y las plantaciones el 7% (2,9 millones de km²) (FAO 2020). Del total de bosque natural, un 19,5% (7,3 millones de km²) se encuentra en áreas protegidas y el resto es bosque que puede ser potencialmente utilizado para producción. Unos 11,5 millones de km² (el 30% de todos los bosques del planeta), se manejan principalmente para la producción de madera y productos forestales no madereros (FAO 2020).

Muchos de los paisajes forestales tropicales se encuentran altamente influenciados por actividades humanas. Procesos de deforestación, fragmentación, sobrexplotación de recursos naturales y prácticas de aprovechamiento no sostenibles amenazan con destruir y degradar los bosques tropicales.

En Centroamérica, el 98% de la superficie forestal actual, unos 220 140 km², se considera bosque natural, y la tasa de deforestación por año para los periodos 1990-2000, 2000-2010, 2010-2015 y 2015-2020 fue de 2280 km², 2220 km², 1420 km² y 1680 km², respectivamente (FAO 2020). A partir de los años 80s, factores como la caída en los precios internacionales de los productos agrícolas y ganaderos, la migración, la urbanización e industrialización, mayor eficiencia en la protección de áreas para conservación y el crecimiento de la economía de servicios, entre otros, (Redo *et al.* 2012), han hecho que algunos países experimenten una expansión de la cobertura de bosque natural a través de una vía de cambio de la tierra conocida como “transición forestal”, que consiste en el cambio de **una deforestación neta** (deforestación mayor a reforestación natural) a una **reforestación neta** (deforestación menor a reforestación natural) (Redo *et al.* 2012).

Los estudios de Redo *et al.* (2012) y Aide *et al.* (2013), mediante la utilización de imágenes satelitales para determinar la extensión y distribución espacial de la deforestación y reforestación natural en México y Centroamérica entre 2001 y 2010, muestran que esta región experimentó un incremento neto en vegetación leñosa. México, Honduras, Costa Rica y El Salvador tuvieron una ganancia neta de (+96089, +3460, +1628 y +586 km², respectivamente), mientras que Guatemala y Nicaragua fueron los países con la mayor área perdida de vegetación leñosa (-3019 y -7961 km², respectivamente). Es así como los paisajes forestales en la región presentan una mezcla de parches de bosque primario (BP), bosque secundario (BS) y bosque degradado (BD) y la gestión sostenible de cada uno es clave para la conservación de la biodiversidad y para la provisión de servicios ecosistémicos.

Los BS son llamados también bosques nuevos y, aunque es difícil estimar con precisión su cobertura (Asner *et al.* 2009), se considera que dominan muchos de los paisajes tropicales actuales, recibiendo cada vez más atención por su papel para conservar biodiversidad y suministrar servicios ecosistémicos (Chazdon 2014; Chazdon *et al.* 2009; Finegan 1992; Guariguata y Finegan 1998). Para el año 2010 se estimó que en Centroamérica existían entre 4 y 5,5 millones de hectáreas de bosque secundario (FAO 2010). Sólo en Costa Rica, alrededor de un 13,7% del territorio nacional es BS, representando este ecosistema un 26% del total de bosque natural (Canet 2015).

En Centroamérica, la silvicultura ha sido implementada mayoritariamente en BP. De igual manera, las leyes, normas y estándares para su manejo están orientados hacia estos ecosistemas en casi todos los países de la región. El manejo sostenible de BD y BS ha sido marginal en la región, y se restringe a pocas experiencias de investigación y muy pocas experiencias prácticas de aprovechamiento, las cuales no han sido publicadas. En cuanto a BD, la premisa ha sido no utilizarlos debido a sus condiciones pobres y no existen antecedentes sobre prácticas de restauración a través de la silvicultura.

Las legislaciones forestales históricamente no han considerado lineamientos para el manejo de BS y BD por lo que, en la mayoría de los casos, han sido aprovechados según las normas y procedimientos definidos para BP. No obstante, existen procesos de gestión recientes para estos ecosistemas, como los impulsados por los gobiernos de Costa Rica y Guatemala, el primero creando el estándar de sostenibilidad para el manejo de bosques secundarios con principios, criterios e indicadores (decreto No. 39952-MINAE), y el segundo, incluyendo estos bosques dentro de sus estrategias de restauración y manejo en la nueva ley Probosque (decreto No. 2-2015).

El manejo de BS y BD plantea una serie de retos para alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental. La información técnica y científica que se presenta en este documento aborda las características de estos bosques y se describen los tratamientos silviculturales que se consideran pueden ser aplicados con el objetivo de convertirlos en unidades de manejo productivas y promover así su conservación. Otro aspecto que se incluye es la descripción de metodologías para la recolección de información necesaria para la selección de tratamientos silvícolas y, en una sección final, se muestran estudios de caso para ejemplificar la forma en la que se prescriben tratamientos a partir de la información recolectada.

Esperamos que este documento se convierta en una herramienta metodológica y de información básica útil para implementar manejo sostenible de BS y BD en la región.



Fotografía: Juan José Serrano

2

Generalidades de los bosques secundarios y bosques degradados

Los bosques secundarios

Existen múltiples definiciones en la literatura de bosque secundario y, hasta cierto punto, hay ambigüedad y confusión en su terminología. Una mayoría, sin embargo, refiere que es vegetación que “rebrot/regenera” de forma natural, luego de que el área es desprovista de su vegetación original para ser utilizada para agricultura u otro uso y posteriormente es abandonada o dejada en descanso.

Diferencias en las definiciones surgen al considerar el origen de la perturbación (natural o antrópica) o la intensidad de esta. Chokkalingam y De Jong (2001), Emrich *et al.* (2000) y Corlett (1994) realizaron un análisis de definiciones de bosque secundario publicadas en revistas científicas y memorias de congresos, partiendo del año 1952. Uno de los elementos más discutidos por los investigadores es la magnitud de perturbación necesaria para que se desarrolle un bosque secundario, en términos de la extensión de área impactada o del porcentaje de remoción de cobertura arbórea. Mientras que para algunos autores un bosque secundario es vegetación que crece sobre “tierras que fueron drástica o sustancialmente desprovistas del bosque original, desde una remoción total de su cobertura hasta al menos un 90%” (Finegan 1992, Corlett 1994, Emrich *et al.* 2000 y de Jong *et al.* 2001), para otros todo bosque perturbado es secundario, independientemente de la intensidad de perturbación (UNESCO 1978, Brown y Lugo 1990 y Wadsworth 1997).

La definición de bosque secundario que tomaremos para propósitos de este documento es la siguiente: *vegetación leñosa que se desarrolla en tierras que son abandonadas o dejadas en descanso para agricultura migratoria o para restauración después que su vegetación original fue drásticamente dañada o destruida por la actividad humana (Finegan 1992; Finegan y Nasi 2004) o por perturbaciones naturales a gran escala, como la actividad ciclónica, deslizamientos o incendios (Chazdon et al 2009; Chokkalingam y De Jong 2001).*

Favor notar que nuestra definición no considera un bosque primario aprovechado, siguiendo principios de impacto reducido, como secundario. Ambos ecosistemas son bastante diferentes, la extracción de madera en el bosque primario, hecha de forma cuidadosa y selectiva, deja un mosaico a pequeña escala de áreas perturbadas y no perturbadas (Kammesheidt 2002) y no las extensas áreas abiertas necesarias para que se desarrolle un bosque secundario.

Definiciones de índole legal han sido también planteadas en la región, tal es el caso de Costa Rica donde la definición oficial de bosque secundario es la que se muestra en el Recuadro 1.

Recuadro 1: definición de bosque secundario para Costa Rica

Artículo 3°—Para los efectos de promover la presencia y manejo de cobertura boscosa bajo Estándares de Sostenibilidad, se entenderá por bosque secundario lo siguiente: “Tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundario, que se desarrolla una vez que la vegetación original ha sido eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales, con una superficie mínima de 0,5 hectáreas. Se incluyen también aquellas tierras desprovistas de vegetación leñosa, que voluntariamente se registren ante la Administración Forestal del Estado (AFE) con el fin de promover el proceso de sucesión natural y las tierras de bosque secundario inmediatamente después de aprovechadas bajo el sistema de cortas de regeneración, según lo establecido en los correspondientes Estándares de Sostenibilidad para el Manejo de Bosques Secundarios.”
Decreto Ejecutivo N° 39952-MINAE del 9 de noviembre de 2016

En los bosques secundarios se reconocen dos condiciones: una disetánea que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies, edades y tamaños, donde es posible identificar distintos estratos de vegetación en cuanto a altura. La otra condición es la coetánea que se da cuando el bosque es dominado por muy pocas especies con edades y tamaños similares. De esta forma, podemos clasificar los bosques secundarios como disetáneos o coetáneos. Ejemplos de bosques coetáneos para tierras bajas y de elevación intermedia en Centroamérica son los bosques latifoliados dominados por especies del género *Vochysia* (*V. ferruginea* y *V. allenii*) y en tierras altas están los jaulares (bosques homogéneos de *Alnus acuminata* que crecen sobre deslizamientos de tierra) y los encinares (*Quercus* spp.).

Los bosques secundarios presentan un gran potencial para convertirse en una fuente de ingresos importante para sus propietarios debido a que presentan muchas ventajas para su manejo, como por ejemplo (Finegan 1992, De las Salas 2000, Emrich *et al.* 2000):

- Están normalmente dominados por pocas especies, algunas de ellas de rápido crecimiento y alto valor comercial.
- Contienen generalmente menos especies que los bosques primarios, pero presentan mayor volumen y número de individuos por especie.
- Hay disponibilidad de muchos árboles por unidad de área, lo que puede significar una reducción de los costos de aprovechamiento.
- Facilidad en las labores de aprovechamiento y manejo por su estructura simple y menor dimensión de los árboles (en diámetro de tallos y altura).
- Buen acceso a los sitios por haber tenido un uso económico previo.
- Se facilita la infraestructura vial o el trazado de las vías, ya que es posible utilizar las vías construidas en el pasado.
- Los costos de operación pueden ser comparativamente menores que en un bosque primario, debido a que, por las menores dimensiones de los árboles, se tiene la opción de trabajar con equipos sencillos como tractores agrícolas, camionetas y animales de tiro.

No obstante, estos bosques presentan algunas desventajas, entre las que sobresalen (Lamprecht 1990, Wadsworth 2000):

- La vulnerabilidad al cambio de uso (excepto que sea permitido y promovido su aprovechamiento sostenible y rentable).
- Menor valor en general por la presencia de especies de madera suave o que aún no son bien conocidas en los mercados.
- Presencia de diámetros menores.
- En general, están geográficamente fragmentados en lotes pequeños.
- Para el caso de bosques coetáneos aprovechados bajo sistemas como las cortas de regeneración los ciclos de corta suelen ser más largos.

Los bosques degradados

La degradación de bosques es un aspecto menos comprendido y estudiado que otros impulsores de pérdida de biodiversidad en paisajes, como la deforestación. Para Putz y Redford (2010), una de las razones es que la degradación denota una pérdida de valores del bosque que puede llegar a ser subjetiva y, por tanto, obviada por científicos; otra es que la degradación es difícil de detectar a través de técnicas de teledetección y, mientras la estimación de deforestación es hasta cierto punto simple ya que se presenta como una variable binaria (deforestado o no), la degradación ocurre sobre un continuo mostrándose en diferentes grados o umbrales que complican su análisis.

Un bosque degradado se define como un bosque primario -y por tanto disetáneo- que ha visto modificada drásticamente sus atributos de estructura y composición (Putz y Redford 2010), a tal punto que sus procesos ecológicos y servicios ecosistémicos se encuentran muy reducidos, provocando afectaciones a nivel social, cultural y ecológico (Sasaki y Putz 2009, Simula 2009, Armenteras *et al.* 2016). A diferencia de un bosque secundario, la cobertura de un bosque degradado no llega a eliminarse o afectarse a tal punto que los procesos de sucesión ecológica a escalas amplias toman lugar.

Para cuantificar la degradación se debe utilizar un estado de referencia, que suele ser un bosque maduro con condiciones sin degradación; los bosques primarios muy poco intervenidos

son el mejor parámetro de referencia. El estado de referencia varía dependiendo del tipo de bosque, no obstante, debe ser clara y objetivamente definido (Tucker *et al.* 2008).

La degradación puede darse por múltiples causas, principalmente por actividades humanas. Entre las más citadas en la literatura están los incendios forestales (o la falta de ellos en ecosistemas mantenidos por incendios como el caso de los pinares en Centroamérica), la tala incontrolada, la invasión de especies exóticas que produce los denominados “nuevos ecosistemas” y la caza excesiva que da origen a los “bosques vacíos” (Redford 1992, Terborgh *et al.* 2008).

Un bosque primario puede convertirse en un bosque degradado, por las causas citadas anteriormente. La sobreexplotación de madera o incendios forestales frecuentes, por ejemplo, pueden convertir un bosque primario en un ecosistema degradado y, si la reducción en cobertura de árboles es muy alta, un bosque primario degradado puede dar paso a otro con características más acordes a las de un bosque secundario.

En términos generales, son pocos los países latinoamericanos que han definido la degradación de los bosques dentro de sus contextos específicos y, por ende, es complicado saber de qué manera miden y evalúan la degradación. Algunos países utilizan definiciones internacionales de degradación como la de la FAO (2005), otros países han elaborado sus propias definiciones. Indicadores generales utilizados en las definiciones de degradación de bosques normalmente refieren a aspectos de productividad, densidad de biomasa, cobertura de copas, composición de especies y estructura (Simula 2009).

Un caso típico de bosque degradado en Centroamérica son los bosques sobreexplotados -o descremados-, donde la extracción forestal se realiza aplicando técnicas de aprovechamiento convencional y se extraen las especies de valor comercial alto o medio sin considerar sus abundancias. Los bosques reducen de esta forma su potencial maderero al carecer de fuentes de semilla para tales especies.

Dentro de las causas comunes de sobreexplotación de los bosques está la extracción de especies de alto valor comercial seguida, algunos años después, del aprovechamiento de las especies remanentes cuando aún tienen valor comercial. El uso de prácticas poco planificadas de extracción, el empleo inapropiado de maquinaria pesada, la mala selección de la época de cosecha, el mal cálculo de la intensidad y frecuencia de cosecha y la pobre o inexistente supervisión y control del aprovechamiento, son causas de degradación de bosques en la región (CATIE *et al.* 2016).

3

Silvicultura de bosques secundarios y bosques degradados

Los sistemas silviculturales

Un sistema silvicultural puede definirse como un régimen completo para regenerar, conservar y cosechar bosques. Es el proceso por el cual los productos del bosque son mantenidos, removidos y reemplazados, dando como resultado la producción de bosques con características diferentes (Matthews 1989). Los sistemas silvícolas están diseñados para cumplir con conjuntos específicos de objetivos de manejo y condiciones ecológicas, y deben encajar en el plan general de manejo del bosque. Se espera que estos sistemas evolucionen con el tiempo a medida que cambian las circunstancias y mejoran los conocimientos (Smith *et al.* 1997).

Los sistemas silviculturales en bosques secundarios tienen como propósito transformar gradualmente el bosque partiendo de ecosistemas simples a otros más complejos o, en sentido contrario, de complejos a más simples. Para esto, los sistemas silviculturales se enfocan principalmente en: i) favorecer la abundancia y crecimiento de especies de interés, ii) remover árboles de dosel para aumentar la disponibilidad de espacios que estimulen la regeneración natural y el crecimiento de las especies de interés en el sotobosque, y iii) el manejo del sotobosque, sea en condiciones bajo dosel cerrado o abierto, de modo que se incrementen las abundancias de especies de interés y/o se reduzca la competencia para su crecimiento.

En la nomenclatura de los sistemas silvícolas tradicionales, los métodos de regeneración se agrupan en categorías según la fuente de regeneración y la disposición de las áreas de corta en el tiempo y espacio. Los sistemas silvícolas generalmente reciben el nombre del método de regeneración y pueden generar una variedad de estructuras con el tiempo. Al finalizar el periodo de regeneración, los sistemas de tala rasa, tala de parches, dosel protector y

sistemas de árboles semilleros suelen dar como resultado bosques coetáneos o de tamaño y edad uniforme. En el sistema de dosel protector, la disposición y el momento de la remoción de los árboles del dosel superior puede producir bosques de varias edades o disetáneos. El sistema de selección mantiene bosques disetáneos mediante la eliminación periódica y continua de árboles individuales o en grupos (Mitchell y Beese 2002).

Los tratamientos silvícolas se enmarcan dentro de los sistemas silviculturales y tienen como objetivo cambiar las condiciones actuales del bosque hacia una condición futura deseada o “bosque objetivo” (Naumann *et al.* 1991). Los tratamientos utilizados para estimular la producción de especies maderables en los bosques primarios tropicales también pueden ser aplicables en la regeneración y cuidado de los bosques secundarios. Los bosques secundarios jóvenes, incluso, podrían considerarse más receptivos a la silvicultura que los bosques primarios debido a su rápida respuesta de crecimiento (Müller 2002, Akindele y Onyekwelu 2011).

Una definición clara del objetivo de manejo del bosque ayuda enormemente a la prescripción y el diseño de un sistema silvícola específico y de tratamientos. El objetivo de manejo del bosque es el “producto”, mientras que el sistema silvícola es el “proceso” que incorpora el cuidado, desarrollo y el reemplazo futuro del bosque en el tiempo (Figura 1) (Mitchell y Beese 2002).

Tomando en cuenta los principios del manejo de ecosistemas, los sistemas silviculturales deben definirse considerando los siguientes aspectos (Mitchell y Beese 2002):

- La armonización de los objetivos y las características del propietario con los valores sociales relacionados con la protección del medio ambiente, la conservación de especies y la estética.
- La provisión para la regeneración y el mantenimiento de atributos estructurales deseados.
- La provisión para la producción sostenida de los recursos y las características del bosque deseado.
- El uso óptimo de los recursos, del personal, conocimiento y capital existente.
- La planificación ordenada de unidades de corta y la programación de operaciones.
- La protección del suelo y la calidad del agua.
- El mantenimiento de poblaciones de plantas y animales deseados.
- Coherencia con los objetivos a corto y largo plazo para el paisaje y los bosques adyacentes.

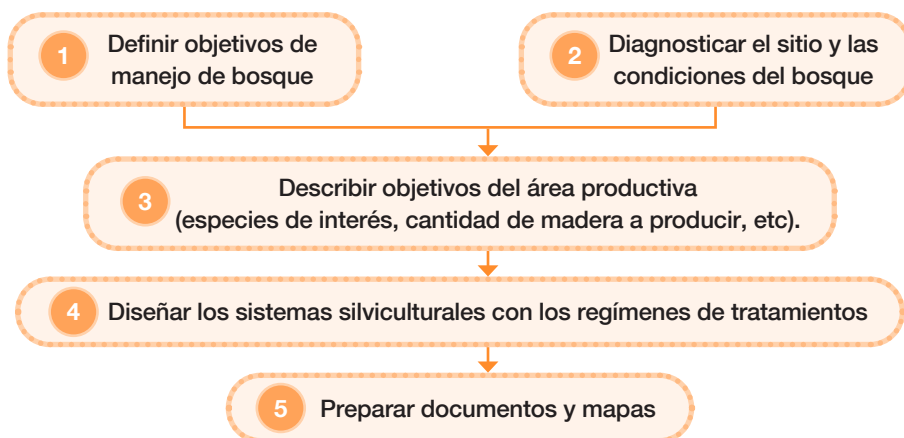


Figura 1. Pasos para preparar una prescripción silvicultural. El objetivo del bosque productivo (Paso 3) integra los objetivos de manejo (Paso 1) y las condiciones del sitio/bosque (Paso 2). El sistema de silvicultura con el régimen de tratamiento (Paso 4) es el proceso que, con el tiempo, lleva al bosque hacia la condición objetivo (modificado y traducido de Mitchell y Beese 2002)

Por tal razón, el desafío para los silvicultores es integrar una serie de tratamientos a lo largo del tiempo para cumplir con los principios del manejo teniendo en cuenta el crecimiento y el desarrollo continuo de la vegetación en un sitio determinado.

Principios básicos de los tratamientos silviculturales

En esta sección se introducen conceptos que fundamentan el proceso de toma de decisión para la prescripción de tratamientos silviculturales. Tradicionalmente, la silvicultura se ha visto como una serie de actividades orientadas a aumentar la productividad del sitio en cuanto a la cantidad de madera que se cosecha; sin embargo, su espectro no solo se limita a este fin y puede servir a otros propósitos como incrementar el almacenamiento de carbono, combatir enfermedades, aumentar la diversidad del bosque favoreciendo la ocupación de especies importantes para la conservación, protegiendo fuentes de alimento y percha a fauna, entre otros.

Los tratamientos silviculturales o silvícolas en bosques naturales son prácticas dirigidas a generar un cambio significativo en las condiciones iniciales del bosque, ya sea en su estructura,

composición y dinámica (Lamprecht 1990). Pretenden favorecer el desarrollo, crecimiento y sobrevivencia de árboles de interés o de importancia comercial.

El objetivo de la silvicultura que se propone en esta publicación es mejorar el potencial productivo de bosques secundarios y degradados, para suplir madera ahora y en el futuro. Para esto nos enfocamos en los árboles comercialmente atractivos, con alta demanda en el mercado y que presentan muy buena forma, a los cuales se les denomina “líderes deseables” y son los que conformarán la cosecha futura (Hutchinson 1993b, Quesada 2008, Valerio y Salas 1998).

A estos líderes deseables se les busca mejorar las condiciones que afectan su crecimiento, como el espaciamiento limitado, alta cobertura de lianas y la competencia por luz y nutrientes. Esto se logra eliminando una proporción de la masa de árboles no deseables (especies o individuos con poco valor de mercado, enfermos o de mala forma), que compiten con los líderes deseables (Siteo 1992, Quirós 2001).

Existen dos grandes categorías de tratamientos silviculturales: 1) los que buscan aumentar la cantidad de iluminación que recibe la regeneración y los individuos establecidos [vegetación con diámetro a la altura del pecho (d) ≥ 10 cm, conocidos como fustales], y 2) los tratamientos en el estrato intermedio, en el sotobosque y suelo (Quirós 2001). Los primeros se enfocan en la apertura del bosque, cosechando o eliminando árboles grandes que dominan el dosel superior. Este tratamiento debe planificarse de forma cuidadosa pues una apertura excesiva en bosques secundarios y degradados puede tener consecuencias no deseadas, como provocar una alta proliferación de especies pioneras no comerciales que compiten con especies de interés. El otro grupo de tratamientos pretende reducir la competencia por espacio y nutrientes del suelo de la vegetación baja del bosque, favoreciendo la regeneración ya establecida y/o el establecimiento de nueva regeneración.

La prescripción y aplicación de tratamientos silviculturales debe adaptarse de acuerdo a los objetivos de producción, la ecología del bosque, las condiciones de mercado y la información obtenida mediante los muestreos para el manejo. Si el objetivo del dueño es priorizar la producción maderable debemos aplicar intervenciones que potencien un incremento en el crecimiento de los líderes deseables, observándose que este es normalmente mayor conforme aumenta la intensidad del tratamiento (Synnott 1980).

En el trópico se han aplicado diversos tratamientos silvícolas, ya sea en forma individual o combinados según los sistemas silviculturales seleccionados. Entre ellos están la cosecha

o aprovechamiento de madera, liberación, refinamiento, saneamiento o mejora, raleo, corta de lianas, enriquecimiento y corta del dosel medio o dosel protector, los cuales generan una variedad de respuestas del bosque (ver por ejemplo Hutchinson 1993a, Sabogal *et al.* 2001, Villegas *et al.* 2009). También existen tratamientos al suelo, a claros en el bosque y limpieza bajo el dosel que comúnmente no son aplicados (Quirós 2001) pero que, considerando las condiciones de los bosques secundarios y degradados, podrían ser exitosos en mejorar la regeneración de especies comerciales.

En bosques maduros, muchos de los tratamientos se hacen posterior a la cosecha con el propósito de iniciar un nuevo ciclo de trabajo orientado a los productos de la siguiente cosecha y se utilizan para ajustar las condiciones del bosque a las necesidades de los árboles de la misma. En bosques secundarios, sin embargo, los tratamientos pueden implementarse en etapas tempranas, durante los primeros 5 a 10 años de abandono del sitio, debido a que en esta fase el dosel no se encuentra bien desarrollado y hay suficiente luz que alcanza el suelo del bosque. Bajo estas condiciones, tratamientos como el enriquecimiento y limpieza del sotobosque pueden ser más exitosos.

La mayoría de las experiencias publicadas sobre tratamientos silviculturales se han realizado en bosques primarios productivos; no obstante, muchos de ellos pueden ser aplicados en bosques secundarios y bosques degradados, incluso con mayor probabilidad de éxito por las características de los mismos.

Tratamientos silviculturales en bosques naturales

En esta sección se describen los tratamientos silviculturales más comúnmente aplicados en bosques tropicales y que consideramos pueden ser útiles en el caso de bosques secundarios y degradados. En el Anexo 1 se detallan las técnicas silviculturales para ejecutar algunos de ellos.

Como una forma de ilustrar el proceso de toma de decisiones para la aplicación de tratamientos silviculturales, presentamos la información del Recuadro 2 que muestra las fases de sucesión ecológica de los bosques húmedos de tierras bajas. Este modelo de sucesión, propuesto por Finegan (1996), describe la forma en que los bosques secundarios se desarrollan en áreas agrícolas abandonadas durante los primeros 100 años, y podría también aplicar al caso de bosques degradados con doseles abiertos. En secciones posteriores, haremos referencia a esta información para ejemplificar el uso de tratamientos bajo tales condiciones de bosque.

Recuadro 2. Fases sucesionales de bosques húmedos tropicales

Para bosques húmedos latifoliados de tierras bajas del trópico, Finegan (1996) propone un modelo sencillo que describe la sucesión durante los primeros 100 años después del abandono. Él divide la sucesión en fases según los cambios que se producen en la composición de las especies arbóreas dominantes.

Fase I: inicia con el abandono del sitio y la rápida colonización por un número pequeño de especies altamente heliófitas e intolerantes a la sombra, de estatura baja, crecimiento muy rápido y maderas de bajas densidades. Estas especies, llamadas pioneras, son principalmente enredaderas, arbustos, hierbas y pastos, y dominan los primeros años de abandono. La primera fase dura aproximadamente entre tres y cinco años y es reconocida en países de Centroamérica con nombres como *charral*, *guamil* o *tacotal*. Una alta densidad de tallos es característico de esta fase, así como una alta radiación en el piso del bosque.

Fase II: especies arbóreas de muy rápido crecimiento emergen y forman pronto un dosel cerrado, bajo el cual las pioneras de la fase I desaparecen. Esta fase se extiende por unos 10-30 años que es el tiempo de vida de las especies arbóreas emergentes. Es dominada por una comunidad de árboles relativamente pequeños, de 15 a 20 metros de altura y con un *d* de hasta 30 cm. Estos árboles son altamente demandantes de luz y, por consiguiente, con baja regeneración bajo su sombra; presentan maderas livianas de valor comercial muy bajo, longevidad baja y son dispersadas por viento o animales generalistas. Se les conoce como árboles pioneros o pioneros de corta vida y pertenecen al gremio de las heliófitas efímeras.

Fase III: se desarrolla a partir de la muerte de los árboles de heliófitas efímeras y la dominancia de una comunidad de árboles de mayor altura. Esta nueva comunidad de árboles dominantes, conocidas como heliófitas durables o pioneros de larga vida, presenta maderas más duras, de mayor longevidad y, aunque menos demandantes de luz que las efímeras, tampoco prosperan bajo la densa sombra que forman. Tienden a dominar el sitio por unos 75-150 años, que es el tiempo de vida que normalmente alcanzan. Los bosques secundarios en esta fase se consideran maduros y normalmente son sujetos a aprovechamiento de madera por la abundancia y valor comercial de sus especies maderables.

La cosecha o aprovechamiento de madera

En bosques maduros, por lo general, la cosecha es el primer y único tratamiento silvicultural que se aplica (Valerio y Salas 1998). Es considerada la intervención más importante porque determina no solamente la calidad y cantidad del producto, sino también el estado del bosque posterior al aprovechamiento, permitiendo identificar las necesidades y posibilidades de manejo y silvicultura.

Para muchos bosques secundarios jóvenes, sin embargo, este tratamiento no se puede aplicar desde un principio, sino que se debe empezar por definir, lo más temprano posible, el objetivo del bosque, y lo que se desea producir. Basado en esto se diseñan los otros tratamientos silviculturales de tal forma que se optimice el logro de los objetivos.

La cosecha cuidadosa de árboles maduros comerciales (también llamada aprovechamiento de impacto reducido, AIR, ver Orozco *et al.* (2006)) (Figura 2), basada en datos del inventario y del censo comercial, abre el dosel y disminuye la competencia por luz y espacio, al reducir el área basal (Quirós 2001). Lo anterior favorece el crecimiento de los árboles remanentes y la regeneración de especies comerciales y no comerciales. En bosques secundarios se realiza normalmente a partir de la tercera fase de sucesión (Recuadro 2). En bosques degradados no es común realizar una cosecha de madera debido a las abundancias de especies comerciales bajas; en estos bosques, los tratamientos van dirigidos a incrementar las existencias de especies valiosas.

El uso de técnicas de AIR minimiza los impactos al bosque (Putz *et al.* 2008). Para autores como Putz *et al.* (2008), Bicknell *et al.* (2014) y Burivalova *et al.* (2014), hay que prestar atención especial a actividades como el diseño de caminos y patios, la definición de la intensidad de cosecha y las técnicas de tala y arrastre de trozas.



Figura 2. Árbol cosechado para la obtención de madera para aserrío con la técnica de aprovechamiento de impacto reducido, bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica

Foto: Juan José Serrano

Liberación

La liberación es un tratamiento dirigido a potenciar la productividad del bosque estimulando el crecimiento de los líderes deseables. Se realiza cuando el líder deseable se encuentra en una situación de competencia por luz con otros árboles (Valerio y Salas 1998) y requiere ser liberado. Esto se determina observando la posición de la copa del líder deseable con respecto a la de otros árboles, como indicador de la cantidad de iluminación que recibe. Si hay traslape de copas se parte del supuesto que no se encuentra plenamente iluminado y por tanto el crecimiento es menor (Quirós 2001). Hutchinson (1993b) propone una clasificación práctica para determinar el grado de iluminación de la copa de un árbol según la posición de las copas de árboles vecinos (Figura 10 en sección 4).

La liberación procura que el líder deseable tenga a disposición la cantidad de luz adecuada para su crecimiento. Esto se logra mediante el anillamiento o la corta de los árboles vecinos que limitan la entrada de luz al líder deseable. Indirectamente, la liberación favorece la regeneración y el crecimiento de otros árboles por un aumento en la disponibilidad de recursos como agua, nutrientes y espacio.

La liberación solo se realiza en aquellos individuos que limitan el crecimiento de los líderes deseables por competencia directa por luz (Figura 3). Otros árboles que no estén compitiendo no son sujetos a este tipo de tratamiento. En este sentido, se considera una intervención poco severa y orientada al individuo.

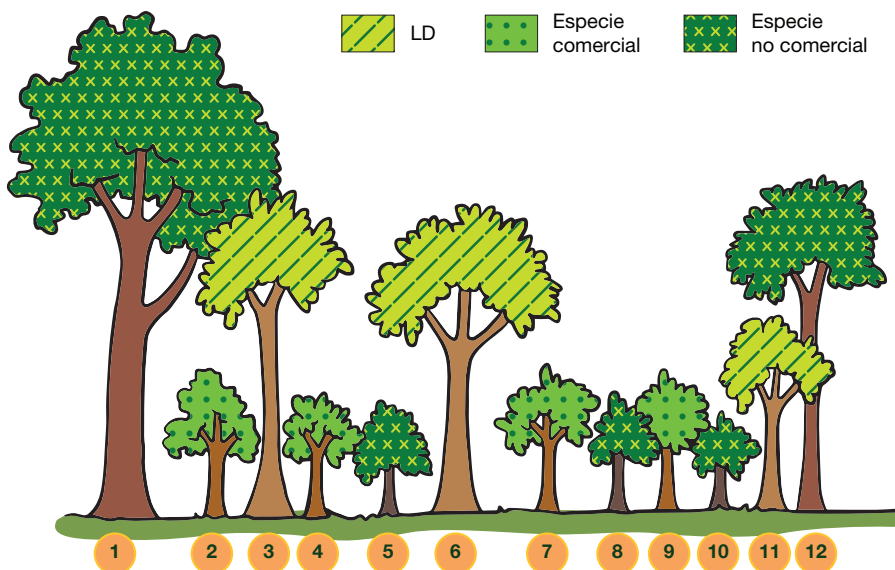


Figura 3. Ejemplo de aplicación del tratamiento de liberación

En la figura, los árboles 3, 6 y 11 fueron seleccionados como líderes deseables (LD.) Para favorecer las condiciones de luminosidad de los árboles 3 y 11 se deben eliminar los árboles 1 y 12, que pertenecen a especies no comerciales. En el caso del árbol 6 no se libera porque se encuentra en buenas condiciones de luminosidad. Los demás árboles no son eliminados por el tratamiento.

Es común aplicar la liberación en bosques maduros, cuando los líderes deseables comienzan a desarrollar su potencial productivo y entran en competencia con otros individuos. En bosques secundarios húmedos puede aplicarse en las fases II y III de la sucesión (Recuadro 2), y en bosques degradados para favorecer a líderes deseables y especies importantes para la restauración.

Refinamiento

Este tratamiento busca eliminar los árboles de especies no deseadas (no comerciales), comúnmente en los estratos intermedios del bosque (Figura 4), sin tomar en cuenta su ubicación con respecto a otros árboles. Es fácil de ejecutar pues se trabaja a partir de una lista de especies no deseadas, generada por el inventario y censo comercial y un cierto diámetro a la altura del pecho (d) (especies a refinar) (Quirós 2001; Quesada 2008).

El refinamiento tiene como propósito un aumento en el potencial productivo del bosque propiciando un cambio en la composición florística hacia especies comerciales y un aumento en la tasa de crecimiento. A diferencia de la liberación, no va dirigido a los líderes deseables, sino que es un tratamiento que, en general, se enfoca en la masa de árboles. Su aplicación resulta útil para el caso de bosques secundarios maduros, en fases II y III de la sucesión, y en bosques degradados donde se busca aumentar la cantidad de árboles comerciales. Con este tratamiento existe, sin embargo, el riesgo de propiciar la eliminación de especies potencialmente comerciales a futuro.

Saneamiento o mejora

Este tratamiento busca eliminar individuos a partir de un d preestablecido (generalmente el diámetro mínimo de corta, DMC), tanto de especies comerciales, pero no aptos para el aprovechamiento por su forma o algún defecto, como de especies no comerciales. El saneamiento se conoce también como mejora o mejoramiento (Quirós 2001), pues el principio es extraer individuos grandes que no cumplan con estándares de calidad (Figura 5), de acuerdo a elementos de valoración como: sobremadurez (asociada al tamaño y daños internos del árbol), deformaciones, daños y problemas fitosanitarios (enfermedades y ataques de insectos) (Valerio y Salas 1998). La decisión de eliminarlos es porque le restan valor comercial al bosque.

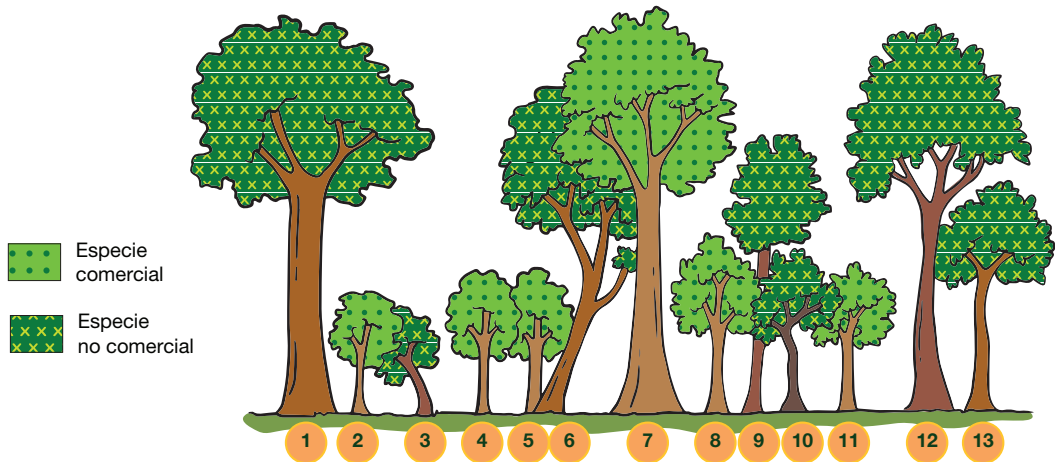


Figura 4. Ejemplo de aplicación del tratamiento de refinamiento

En la figura, se eliminan los árboles 1, 6, 12 y 13 que son de especies no comerciales y sobrepasan el diámetro establecido por el tratamiento. Los demás árboles no son eliminados.

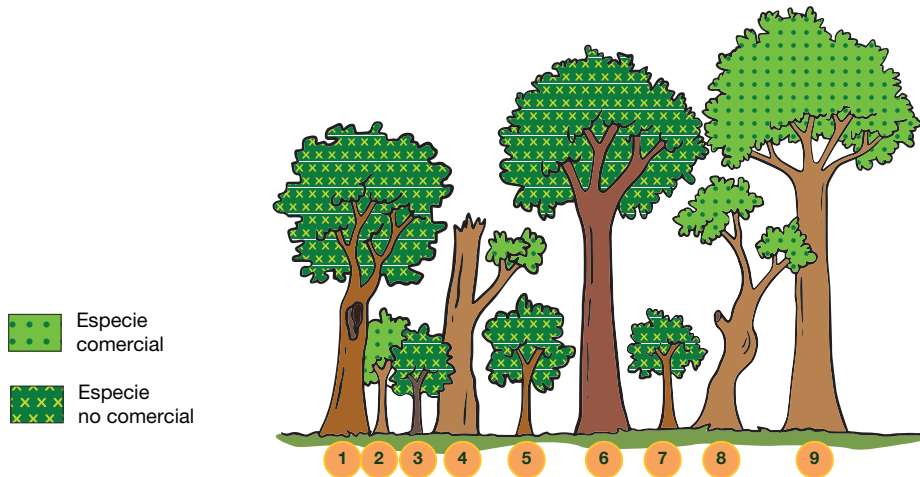


Figura 5. Ejemplo de aplicación del tratamiento de saneamiento o mejora

En la figura, el tratamiento va dirigido a eliminar los árboles 1, 4 y 8 porque sobrepasan el DMC y además son de una especie no comercial con daños en el fuste, un árbol quebrado y un árbol de especie comercial que presenta mala forma, respectivamente.

En bosques secundarios en fase de sucesión II y III (Recuadro 2), pueden existir árboles maduros de mala forma que se encontraban desde antes del abandono del sitio, o árboles grandes regenerados durante la sucesión que pueden ser eliminados mediante el saneamiento. En bosques degradados por sobreexplotación es común encontrar árboles de mala forma que pueden ser eliminados por saneamiento.

Raleo

El raleo es una práctica muy utilizada en plantaciones forestales que se implementa también en bosques secundarios maduros y jóvenes con las siguientes características: 1) poseen una alta densidad de árboles, 2) están dominado por una o pocas especies y 3) los árboles tienen una edad o tamaño relativamente similar (bosques coetáneos).

Es común su implementación en bosques secundarios jóvenes de *Pinus* y *Quercus*, o bosques secundarios maduros dominados por especies de *Vochysia*.

Tradicionalmente el raleo elimina árboles de tamaño similar que se encuentran en competencia con líderes deseables (Figura 6), tanto en condición de regeneración y en árboles jóvenes y maduros (Quirós 2001; Wadsworth 1997). Con este tratamiento se pretende promover el crecimiento de árboles con las mejores características de forma, vigor y potencial comercial.

Los individuos comerciales eliminados mediante el raleo tienen pocas probabilidades de alcanzar un tamaño y forma adecuada para su comercialización. Para Quirós (2001) los árboles a favorecer con el raleo deben presentar las siguientes características:

- › Especie comercialmente deseable
- › Buena forma de fuste
- › Buen vigor (esta condición se valora por el d y la altura que tiene el árbol con respecto a otros individuos en condiciones similares)
- › Una copa vigorosa, sana y bien desarrollada
- › Ausencia de daños en el fuste (hongos, pudriciones, termitas, etc.)

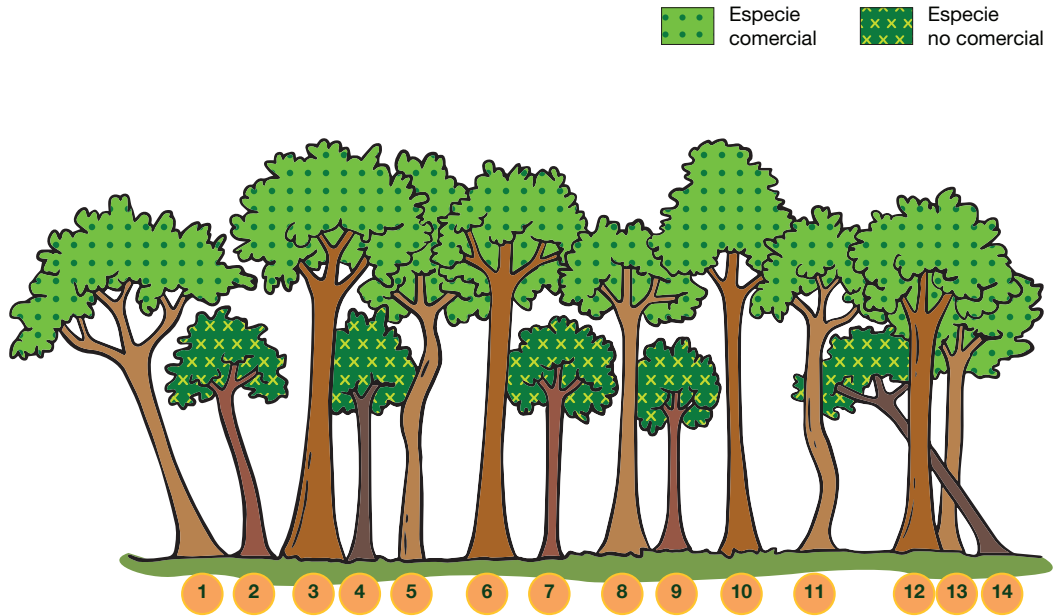


Figura 6. Ejemplo de aplicación del tratamiento de raleo

La figura muestra un perfil de individuos grandes de la misma especie comercial que compiten entre sí. Los árboles 1, 5, 8, 11 y 13 se eliminan por raleo para favorecer a los individuos de mejor forma y condiciones (3, 6, 10 y 12). Individuos de otras especies no se eliminan.

Corta de lianas

Las lianas son un grupo diverso que brinda recursos importantes a la fauna, como el alimento y percha. Permite además el movimiento vertical y horizontal de la fauna por el bosque (Figura 7). Su corta podría justificarse por las siguientes razones:

- Son importantes competidoras por luz, agua y nutrientes, reduciendo el crecimiento y aumentando las tasas de mortalidad de árboles en el bosque.
- Provocan deformaciones en copas y fustes de los árboles.
- Aumentan el daño por aprovechamiento. Árboles conectados por lianas en sus copas o fuste, al ser aprovechados, arrastran a otros provocando un impacto mayor en el bosque.
- Aumentan el riesgo de accidentes cuando se corta un árbol (por el motivo anterior).
- Aumentan los costos de aprovechamiento.
- En bosques secundarios jóvenes y degradados puede existir una alta proliferación de lianas que compiten con la regeneración arbórea y con los árboles adultos.

Como tratamiento recomendamos que la corta de lianas se realice de forma cuidadosa, analizando cada caso y decidiendo si cortar o no las lianas que compiten con árboles de interés. Existen metodologías sencillas para valorar la cobertura de lianas en árboles y el grado de competencia (por ejemplo, Mostacedo y Fredericksen (2000), Figura 12). Para bosques en proceso de cosecha, la corta de lianas es una práctica que se recomienda realizar durante el censo comercial.

En Belice se realizó un ensayo de corta de lianas en un bosque con presencia de *Swietenia macrophylla*. En algunas áreas de bosque se realizó el control de lianas en líderes deseables y en otras no. Después de nueve años de la intervención, los árboles tratados incrementaron su crecimiento entre un 38% y 63% con respecto a los árboles no tratados (Mills *et al.* 2019).

Plantaciones de enriquecimiento

Las plantaciones de enriquecimiento buscan incrementar el valor de los bosques mediante la siembra de especies comerciales (Figura 8). Para ello se utilizan plantas producidas en viveros o recolectadas en otros sitios del bosque (Paquette *et al.* 2009; Quirós 2001).

Este tratamiento tiene un alto potencial para el manejo de bosques secundarios y bosques degradados bajo las siguientes condiciones: 1) el bosque tiene actualmente pocas especies comerciales, 2) hay dificultades en reclutamiento de especies comerciales desde fuentes semilleras cercanas y 3) una vez plantadas las especies, el bosque ofrece condiciones aptas para su desarrollo.



Figura 7. Lianas en el bosque secundario Florencia, Turrialba, Costa Rica

Foto: Juan José Serrano Molina

Dos tipos de especies comerciales son plantadas: especies demandantes de luz y rápido crecimiento y especies tolerantes a la sombra de menor crecimiento. En bosques secundarios se recomienda hacer enriquecimiento en fases tempranas de la sucesión (I y II, Recuadro 2), por la mayor disponibilidad de luz en el piso del bosque. En bosques maduros de dosel cerrado (secundarios o degradados), se recomienda la siembra de árboles en espacios abiertos como claros o franjas de ancho considerable (bajo el dosel cerrado el crecimiento es potencialmente bajo y la tasa de mortalidad alta).

El alto costo de instalación y mantenimiento de las áreas plantadas son barreras para la adopción de este tratamiento. El principio general es que las áreas plantadas deben permanecer adecuadamente iluminadas hasta que los árboles alcancen un pleno desarrollo; también es necesario el control de especies pioneras de rápido crecimiento en áreas abiertas que compiten agresivamente con las especies plantadas (por ejemplo, helechos, lianas y enredaderas).

En el Cuadro 1 se mencionan algunas de las modalidades de plantaciones de enriquecimiento existentes (Quirós 2001).

Cuadro 1. Modalidades de plantaciones de enriquecimiento que podrían contribuir a aumentar el valor comercial de bosques secundarios y bosques degradados

| Modalidad | ¿En qué consiste? |
|---|---|
| Plantación en franjas | Apertura de franjas de ancho entre 3 m, 5 m y 10 m, para la siembra de especies. Orientación de las franjas en dirección este-oeste para captar la mayor iluminación posible |
| Plantación en vías de arrastre y patios de acopio | Replacación de sitios abiertos por los trabajos de cosecha; puede presentar resultados limitados por luz y compactación de los suelos |
| Plantación en claros | Plantar especies en claros naturales o provocados por la corta de árboles durante el aprovechamiento |
| Plantación bajo dosel | Corta del sotobosque y plantación de especies tolerantes a la sombra bajo la cobertura de las copas. Costos de instalación y mantenimiento reducidos, crecimiento es variable |



Figura 8. Enriquecimiento en franjas en un bosque secundario en fase I

Fuente: Armién *et al.* (2015)

4

Recolección de información para la prescripción de tratamientos silviculturales en bosques

Los tratamientos silviculturales, como cualquier actividad que se realice en bosques naturales, requieren de un proceso de planificación. La toma de decisiones debe basarse en la información que provee el inventario forestal y los muestreos para la prescripción de tratamientos silviculturales.

Nuestra propuesta para el diseño de intervenciones silvícolas para bosques secundarios y bosques degradados comprende la recolección de información de vegetación utilizando únicamente tres muestreos, tal como lo plantea Quirós (2001): el muestreo diagnóstico, el muestreo silvicultural y el muestreo de remanencia. Todos ellos se realizan en las mismas unidades de muestreo: parcelas cuadradas de 10 m x 10 m (0,01 ha) y se implementan simultáneamente. A estos muestreos los denominaremos en conjunto los *muestreos complementarios*.

Dentro del área productiva del bosque, las parcelas de 10 m x 10 m pueden colocarse sobre transeptos o carriles equidistantes. La definición de la distancia entre carriles puede variar para diferentes bosques (por ejemplo 50 m, 75 m, 100 m o más), dependiendo de aspectos como el área del bosque (para áreas grandes, las distancias serán mayores). Lo que se busca es que las parcelas se encuentren adecuadamente distribuidas abarcando toda el área productiva. Proponemos dos formas de ubicarlas: en bloques o en fajas de varias unidades continuas (Figura 9).

Para los muestreos complementarios, proponemos que en áreas mayores a 20 ha la intensidad de muestreo esté entre un 5% y un 8% del área productiva del bosque. En áreas entre 5 y 20 ha de bosque productivo, la propuesta es colocar al menos 100 parcelas de 10 m x 10 m, y en menos de 5 ha valorar la posibilidad de implementar muestreos totales del área.

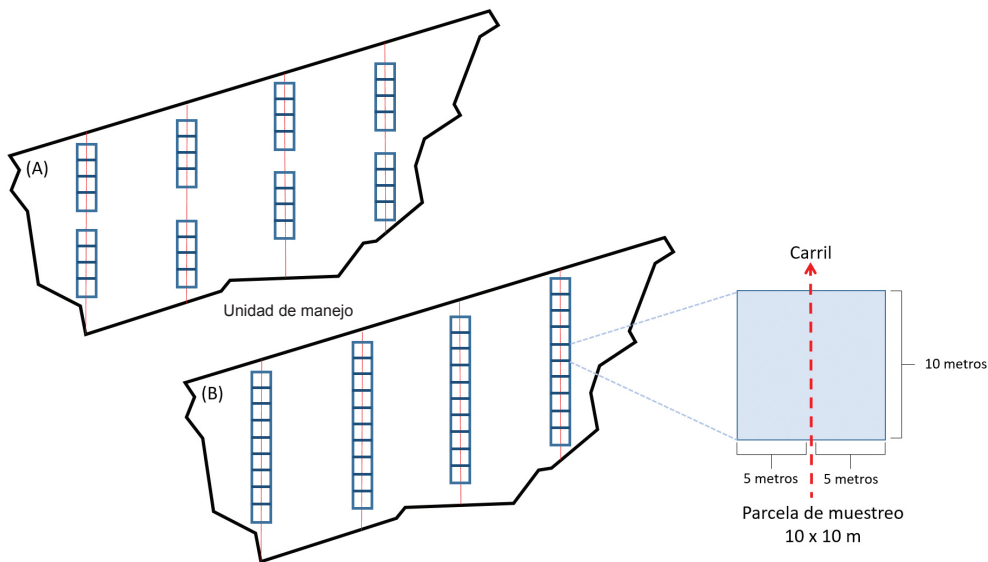


Figura 9. Ubicación de las parcelas para los muestreos complementarios en bloques (A) y en fajas continuas (B)

Fuente: Serrano-Molina *et al.* (2019)

En la siguiente sección se describen los muestreos complementarios y la información que proporcionan y, posteriormente, se explican los tratamientos que se derivan de ellos.

Muestreo silvicultural

El objetivo de este muestreo es determinar la composición florística, el número de árboles y el área basal de todas las especies arbóreas y palmas que presentan un $d \geq 10$ cm.

En el muestreo silvicultural se identifica todo individuo (comercial, no comercial o palma) dentro de las parcelas de 10 m x 10 m y se registra el d de cada uno de ellos. Con estas variables se calculan los totales por hectárea del número de individuos y área basal, así como su distribución por clase diamétrica. Se pueden estimar también datos de abundancia y área basal por especie o grupo comercial.

Los resultados obtenidos permiten visualizar el potencial productivo del bosque y orientar la prescripción de tratamientos silvícolas para reducir la densidad de individuos en las categorías diamétricas inferiores o la eliminación de árboles de grandes dimensiones.

Muestreo diagnóstico

El propósito del muestreo diagnóstico es obtener información útil para la prescripción de tratamientos silviculturales que mejoren las condiciones de especies de interés comercial. El método fue descrito por Hutchinson (1993b) quién lo define como “una operación intencionada para estimar la productividad potencial de un bosque”.

La aplicación práctica del muestreo diagnóstico gira en torno a la selección de árboles de especies de interés comercial (fustal, latizal o brinzal), denominados como líderes deseables (LD), que se ubican dentro de las parcelas de 10 m x 10 m. En cada parcela se ubica únicamente un individuo LD; en aquellos casos donde no exista uno, la parcela se reporta como vacía.

La propuesta de Hutchinson planteaba un esfuerzo importante de muestreo, por ello Quirós (1998a, b), propuso una modificación al método que busca minimizar el tiempo de trabajo en la parcela, evaluando solamente los mejores árboles fustales con $d \geq 10$ cm y menor al DMC para definir los LD. La propuesta silvícola del presente documento parte de esta modificación porque nos parece más eficiente prescribir el manejo a partir de datos de árboles establecidos y no en regeneración.

El muestreo diagnóstico es una herramienta práctica para obtener información del estado silvicultural del bosque en aspectos como: i) las abundancias de los LD por hectárea, ii) el grado de iluminación de los LD, iii) la forma de copa de los LD y iv) el grado de infestación de lianas. Para iniciar el muestreo diagnóstico es necesario tener una lista de especies comerciales de la zona y definir el DMC de acuerdo a las condiciones de mercado (los diámetros que reciben los aserraderos); esto es de gran importancia debido a que los árboles con d mayor al DMC son potencialmente sujetos a aprovechamiento por lo que no deben ser considerados como LD.

Para cada LD seleccionado se registran las siguientes variables:

- Nombre de la especie
- Diámetro a la altura del pecho (d)
- Grado de iluminación de copa, según la siguiente clasificación (ver también la Figura 10):

| | |
|---|--|
| 1 | Luz plena: la copa del individuo está plenamente expuesta a iluminación lateral y vertical |
| 2 | Luz plena vertical: la copa está plenamente iluminada desde arriba, en proyección vertical y la luz lateral se encuentra total o parcialmente bloqueada por otras copas |
| 3 | Alguna luz vertical: la copa está parcialmente iluminada desde arriba, en proyección vertical, y la luz lateral está total o parcialmente bloqueada por otras copas |
| 4 | Luz lateral: la copa presenta iluminación lateral solamente |
| 5 | Sin luz vertical o lateral: la copa no recibe luz directa (ni en proyección vertical ni lateral) |

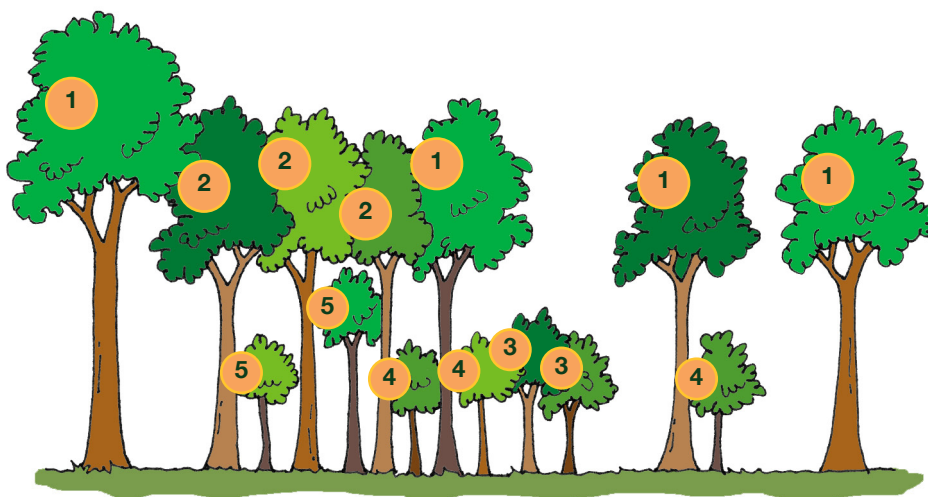


Figura 10. Clases de iluminación de copas (modificado de Jennings *et al.* (1999))

Forma de copa del LD, según la siguiente clasificación (ver también la Figura 11):

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|---------------------------------|---|--|---|
| Copa perfecta (círculo completo) | Buena forma (círculo irregular) | Copa claramente asimétrica y rala o escasa (media copa) | Copa pobre, fuertemente asimétrica con pocas ramas principales | Vivo sin copa o con copa muy pobre, con una o pocas ramas solamente |

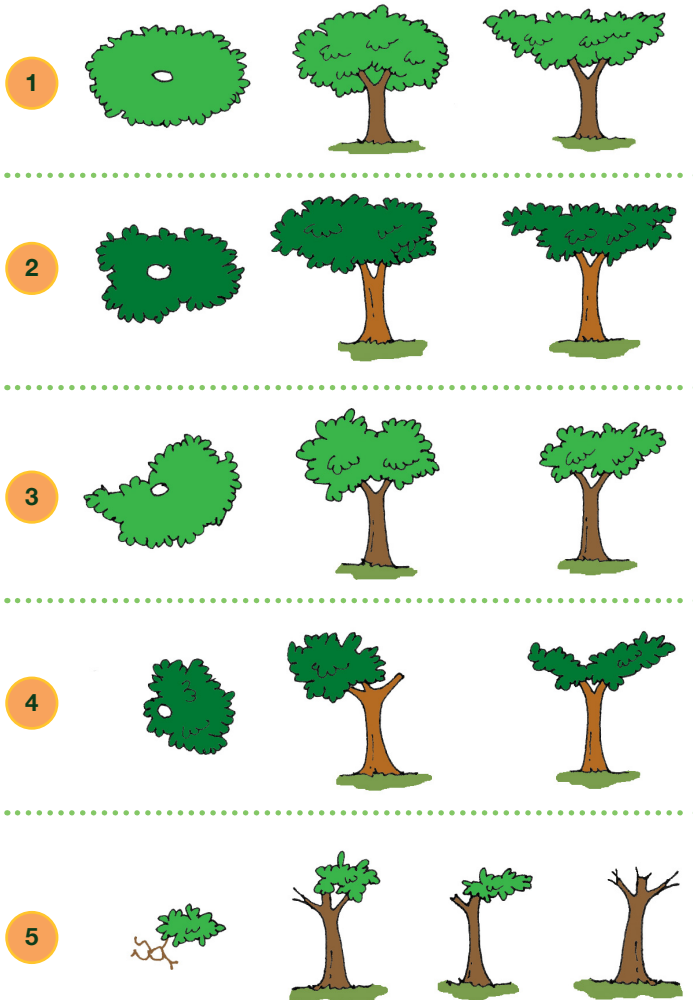


Figura 11. Diagrama de formas de las copas de los árboles (tomado de Dawkins (1958) y modificado por Sánchez (2013))

Grado de infestación de lianas en el LD, según la siguiente clasificación (ver también Figura 12):

| | |
|---|---|
| 1 | Árbol libre de lianas en fuste y copa |
| 2 | Presencia de lianas que no afectan el crecimiento del árbol (en fuste sin estrangulamiento y/o menos de $\frac{1}{3}$ de la copa cubierta por lianas) |
| 3 | Presencia de lianas que afectan el crecimiento del árbol (en fuste con estrangulamiento y/o más de $\frac{1}{3}$ de la copa cubierta por lianas) |

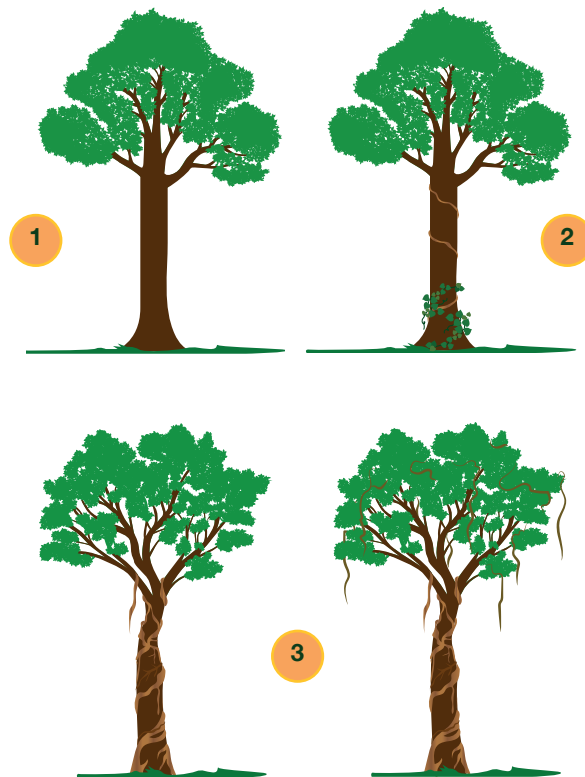


Figura 12. Grados de competencia por lianas en copa y fuste (modificado de Mostacedo y Fredericksen (2000))

Los resultados que se desprenden del muestreo diagnóstico son los siguientes:

- › Abundancia por hectárea de los LD
- › Distribución diamétrica de la abundancia por hectárea de los LD por clase de iluminación de copa
- › Distribución diamétrica de la abundancia por hectárea de los LD por forma de copa
- › Distribución diamétrica de la abundancia por hectárea de los LD por grado de infestación de lianas
- › Distribución diamétrica de la abundancia por hectárea por especie de los LD

Con los resultados del muestreo diagnóstico se puede prescribir una serie de tratamientos silvícolas al bosque, entre ellos:

- › **Liberación:** se prescribe si un porcentaje alto de los individuos LD (por ejemplo $\geq 60\%$) se encuentran en las categorías 3, 4 y 5 de las clases de iluminación de copa (Hutchinson 1992).
- › **Corta de lianas:** se prescribe si un porcentaje alto de los individuos LD (por ejemplo $\geq 50\%$) se encuentran en la categoría 3 de competencia por lianas.
- › **Enriquecimiento:** este tratamiento silvicultural se prescribe cuando los LD están ausentes o la abundancia por hectárea es muy baja (Peña-Claros *et al.* 2002).

Muestreo de remanencia

El muestreo de remanencia consiste en obtener información de vegetación grande, comercial y no comercial, en las parcelas de 10 m x 10 m. Va dirigido a evaluar los árboles con $d \geq$ al DMC. Este muestreo sienta las bases para prescribir tratamientos silviculturales que abren el dosel y mejoran las características de la vegetación grande del bosque, como la cosecha, el refinamiento y el saneamiento.

Durante el muestreo de remanencia se hacen las siguientes mediciones y/o observaciones a todo árbol con $d \geq$ al DMC:

- Nombre de la especie
- Diámetro a la altura del pecho (d)
- Razón de remanencia de acuerdo con la siguiente escala:

| | |
|---|---|
| 1 | Comercial: árboles sujetos a una próxima cosecha, o que por prescripción silvicultural no se cosechan para mantener la estructura y composición del bosque. |
| 2 | No comercial: árboles que pertenecen a especies no comerciales. |
| 3 | Potenciales: árboles de especies que en el período de aprovechamiento no son demandados por los mercados, pero presentan buena forma y dimensiones. En un futuro estos individuos podrían ser comercializados. |
| 4 | Forma: árboles que a pesar de pertenecer a especies comerciales presentan una mala forma de fuste que los convierte en no aprovechables. |
| 5 | Estado fitosanitario: árboles con pudriciones o huecos en el fuste causados por plagas y enfermedades. |

Este muestreo se utiliza para determinar la abundancia y área basal por hectárea de árboles maduros y sus distribuciones diamétricas, tanto para el total de árboles o según la razón de remanencia. Las posibilidades de prescripción de tratamientos silvícolas, de acuerdo a criterio técnico, que pueden derivarse de este muestreo son las siguientes:

- **Una cosecha de madera**, si la mayor cantidad de árboles remanentes se ubican en la categoría 1 (comercial). Si se prescribe cosecha debe hacerse, adicional, un censo comercial para obtener los datos de volumen y cantidad de árboles a extraer (ver Serrano-Molina 2019).
- **Un refinamiento**, si el número de árboles remanentes es superior en la categoría 2 (no comercial)
- **Un saneamiento**, si la razón de remanencia está dominada por árboles en las categorías 4 y 5 (mala forma y deficiente estado fitosanitario, respectivamente)

5

Casos de estudios para la prescripción de tratamientos silviculturales

El CATIE, a través del proyecto *Desarrollo de modelos sostenibles de manejo en bosques secundarios y sus nexos con el sector privado financiero*, se encuentra impulsando el manejo sostenible de bosques secundarios en la región Centroamericana y uno de sus propósitos es establecer sitios demostrativos que muestren experiencias concretas sobre la aplicación de tratamientos silviculturales y sus efectos en la dinámica y productividad del bosque.

En esta sección presentamos los resultados de la implementación de muestreos complementarios en dos bosques secundarios con condiciones contrastantes y las prescripciones silviculturales que derivamos de ellos. Los sitios donde se trabajó son un bosque secundario húmedo premontano ubicado en Costa Rica y un bosque secundario en zona de vida seca en Honduras, dominado por especies de encino (*Quercus oleoides*) y roble (*Quercus apatifolia*).

Los datos recopilados en los muestreos complementarios son descritos en la sección 4 del presente documento. Esperamos que este ejercicio guíe al lector sobre el proceso de recolección, análisis e interpretación de los datos y cómo derivar de ellos prescripciones silviculturales para mejorar las condiciones productivas de los bosques.

Alertamos sobre el hecho de que el manejo de un bosque no acaba con la aplicación de una primera “ronda” de tratamientos silviculturales; es importante realizar monitoreos y planificar muestreos periódicos, por ejemplo, cada cinco años, y evaluar el estado productivo de los líderes deseables para valorar la posibilidad de aplicar más tratamientos. El monitoreo de la dinámica del bosque es importante para poder evaluar si la reacción del bosque al tratamiento ha sido la esperada o si se requieren otros tratamientos para alcanzar los objetivos planteados en el plan de manejo y el sistema silvicultural.

Caso de estudio 1: bosque secundario Florencia, Costa Rica

El bosque Florencia es un bosque secundario de 30 hectáreas ubicado en el cantón de Turrialba, Cartago, Costa Rica, en los terrenos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Está a una elevación de 680 msnm en la zona de vida bosque húmedo premontano y es un parche de bosque aislado de otros y rodeado de plantaciones forestales, caña de azúcar y café.

La edad de Florencia es de 95 años; se desarrolló en áreas anteriormente cultivadas de café que se estima fueron abandonadas en 1925, cuando dio inicio el proceso de sucesión. El objetivo de manejo para el bosque Florencia es alcanzar una producción sostenible y rentable de madera para aserrío con demanda en el mercado, aumentando la abundancia de individuos de especies comerciales con buena forma de fuste y mejorando las condiciones para su crecimiento.

El sistema silvicultural consiste en intervenir la masa arbórea manteniendo la condición disetánea del bosque y propiciando: 1) el crecimiento de especies comerciales ≥ 10 cm de *dap* de interés a través de la cosecha de madera o la reducción de la competencia con vecinos no deseables, 2) la reducción de la cantidad de individuos de especies comerciales que presentan mala forma para aserrío.

En Florencia se establecieron, para los muestreos complementarios, bloques de cinco parcelas de 10 m x 10 m, separados entre sí 50 m. En total se ubicaron 30 bloques para un total de 150 parcelas.

Dentro de las parcelas se evaluó toda vegetación con $d \geq 10$ cm y se identificó un líder deseable de la categoría fustal, entre 10 – 30 cm de *d*. El DMC fue establecido en 30 cm por ser la dimensión mínima de troza que la industria de aserrío acepta. En cada parcela se determinó además la razón de remanencia de todos los individuos con $d \geq \text{DMC}$.

De acuerdo al muestreo silvicultural, el bosque está en la tercera fase de sucesión, su condición es disetánea y es dominado por el guácimo blanco (*Goethalsia meiantha*). Esta especie es de madera liviana, blanca, de bajo valor comercial y presenta mayoritariamente mala forma. También es abundante la especie poró (*Erythrina poeppigiana*), un árbol introducido, de gran tamaño, que sirvió como sombra a la antigua plantación de café y es de bajo valor comercial. Ambas especies se utilizan principalmente para formaleta.

El bosque presenta una mezcla de especies con demanda en el mercado como el laurel (*Cordia alliodora*), la fruta dorada (*Virola sebifera* y *Virola koschnyi*), el aceituno (*Simarouba amara*) y el anonillo (*Annona papilionella*). Estas especies tienen una gran cantidad de individuos con buen desarrollo de fustes y distribuidos en todo el bosque.

Para la vegetación ≥ 10 cm de d se estima una abundancia promedio de 461 árboles ha^{-1} y un área basal de 23,7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. La distribución del número de árboles por clase diamétrica es típica de un bosque maduro de la zona, primario o secundario, donde hay muchos individuos pequeños compitiendo por recursos como luz y nutrientes en las clases menores y pocos individuos en las clases superiores (Cuadro 2).

El área basal del bosque (Cuadro 2) se concentra en las categorías diamétricas intermedias, específicamente entre los 30 y 50 cm de d . Existe además una ocupación importante de árboles en la categoría de 70 a 80 cm.

Cuadro 2. Abundancia (N) y área basal (G) por clase diamétrica de los árboles del bosque secundario Florencia, Turrialba, Costa Rica

| | Categoría diamétrica (cm) | | | | | | | | | Total |
|-------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | 90-100 | |
| G ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) | 4,3 | 3,5 | 4,2 | 4,6 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,7 | 0,4 | 23,7 |
| N (árboles ha^{-1}) | 287 | 77 | 46 | 29 | 13 | 3 | 4 | 1 | 1 | 461 |

Los datos del muestreo diagnóstico muestran una abundancia baja de líderes deseables (LD), apenas 28 por hectárea. Un alto porcentaje de ellos (88%) presenta iluminación deficiente (categorías 3, 4 y 5) y el 93% no presenta lianas (cuadros 3 y 4), por lo que no se recomienda su corta en este momento.

Cuadro 3. Distribución diamétrica de la abundancia de los líderes deseables por hectárea según la iluminación de copa del bosque secundario Florencia, Turrialba, Costa Rica

| Iluminación de copa* | Categoría diamétrica (cm) | | | | Total | % |
|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | | |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 4,8 |
| 2 | 0,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | 7,1 |
| 3 | 1,3 | 2,7 | 3,3 | 1,3 | 8,7 | 31,0 |
| 4 | 5,3 | 4,7 | 3,3 | 1,3 | 14,7 | 52,4 |
| 5 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 1,3 | 4,8 |
| Total | 7,3 | 8,0 | 8,0 | 4,7 | 28,0 | 100,0 |

* Iluminación de copa: 1: luz plena; 2: luz plena vertical; 3: alguna luz vertical; 4: luz lateral; 5: sin luz vertical o lateral (ver Figura 10)

Cuadro 4. Distribución diamétrica de la abundancia de los líderes deseables por hectárea según el grado de cobertura de lianas del bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica

| Lianas* | Categoría diamétrica (cm) | | | | Total | % |
|--------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | | |
| 1 | 6,7 | 8,0 | 6,7 | 4,7 | 26,0 | 92,9 |
| 2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 2,4 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 4,8 |
| Total | 7,3 | 8,0 | 8,0 | 4,7 | 28,0 | 100,0 |

* Lianas: 1: libre de lianas en fuste y copa; 2: presencia de lianas que no afectan el crecimiento de árbol; 3: presencia de lianas que afectan el crecimiento de árbol (ver Figura 12)

El muestreo de remanencia (Cuadro 5) reporta 98 árboles $\text{ha}^{-1} \geq 30 \text{ cm}$ de d (nuestro DMC). La categoría comercial (1) es la que presenta la mayor abundancia (40%), seguida de la categoría potencial (3), no comercial (2) y forma (4) (24%, 21% y 14% respectivamente). El número de árboles grandes en el bosque, al pertenecer en su mayoría a especies comerciales, ofrece la posibilidad de realizar una cosecha de madera.

Cuadro 5. Distribución diamétrica por hectárea de los árboles remanentes del bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica

| Razón de remanencia* | Categoría diamétrica (cm) | | | | | | | Total | % |
|----------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | 90-100 | | |
| 1 | 16,7 | 12,7 | 5,3 | 2,0 | 2,0 | 0,7 | 0,0 | 39,3 | 40,1 |
| 2 | 10,7 | 4,7 | 2,7 | 0,0 | 1,3 | 0,7 | 0,7 | 20,7 | 21,1 |
| 3 | 12,7 | 7,3 | 2,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,3 | 23,8 |
| 4 | 4,7 | 4,7 | 2,7 | 0,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 13,3 | 13,6 |
| 5 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 1,4 |
| Total | 46,0 | 29,3 | 13,3 | 3,3 | 4,0 | 1,3 | 0,7 | 98,0 | 100,0 |

* Razón de remanencia: 1: comercial; 2: no comercial; 3: potenciales; 4: forma; 5: estado fitosanitario

Las especies más abundantes para cosecha son el anonillo (*Annona papilionella*), laurel (*Cordia alliodora*), guácimo blanco (*Goethalsia meiantha*) y aceituno (*Simarouba amara*) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Abundancia por hectárea de las especies comerciales presentes en el muestreo de remanencia del bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica

| Especie | Categoría diamétrica (cm) | | | | | | Total |
|----------------------------|---------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | |
| <i>Annona papilionella</i> | 1,3 | 4,0 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 0,0 | 8,0 |
| <i>Carapa guianensis</i> | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |
| <i>Ceiba pentandra</i> | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 1,3 |
| <i>Cordia alliodora</i> | 2,0 | 3,3 | 0,7 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 6,7 |
| <i>Goethalsia meiantha</i> | 2,7 | 2,7 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,3 |
| <i>Guarea grandifolia</i> | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 |
| <i>Pterocarpus hayesii</i> | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 1,3 |
| <i>Simarouba amara</i> | 4,0 | 1,3 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,0 |
| <i>Tabebuia ochracea</i> | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 |
| <i>Virola sebifera</i> | 2,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,3 |
| Total | 16,7 | 12,7 | 5,3 | 2,0 | 2,0 | 0,7 | 39,3 |

Los tratamientos silviculturales que proponemos aplicar son los siguientes:

- **La cosecha de especies comerciales ≥ 40 cm de d** es considerado el principal tratamiento silvicultural a aplicar en el bosque Florencia. Especies abundantes como el anonillo y laurel tienen una alta demanda en el mercado por ser de maderas semiduras, mientras otras como el guácimo blanco y aceituno son maderas blancas y blandas con bajos precios, se utilizan principalmente para formaleta. En el caso del guácimo deberá priorizarse la cosecha de árboles de buena forma, que son escasos en el bosque. Se espera que el aprovechamiento del bosque favorezca las condiciones de iluminación para los árboles remanentes, incluyendo la regeneración y los líderes deseables, razón por la cual no se prescribió la liberación; sin embargo, se recomienda realizar un muestreo diagnóstico a los 5 años de cosechado el bosque para valorar la posibilidad de implementar un tratamiento de liberación.
- **Una combinación de refinamiento y saneamiento**, el primero para reducir la cantidad de individuos de especies no comerciales y el segundo para eliminar los individuos grandes de mala forma de las especies comerciales. Con estos tratamientos se pretende eliminar la competencia entre especies comerciales semiduras y no comerciales; fueron concebidos principalmente para eliminar por anillamiento árboles grandes de dos especies abundantes: el poró, especie exótica no comercial y los guácimos de mala forma.

En el caso del enriquecimiento, se decidió monitorear la reacción de la regeneración de especies comerciales ante la apertura del dosel del bosque y asistirlos si fuera necesario.

Caso de estudio 2: Bosque secundario Masicarán, Honduras

El bosque Masicarán tiene 54 ha, se encuentra a 950 msnm en el valle del Yeguaré, Honduras, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, en una zona estacionalmente seca donde se cultivaba maíz y frijol. Fue adquirido por la institución en 1995 y desde entonces el sitio se abandonó; la edad del bosque es de 25 años.

Los propietarios pretenden, para esta área de bosque, la producción sostenible y rentable de madera para aserrío de alta demanda en el mercado, como es el caso de especies de roble y encino. El sistema silvicultural, por tanto, debe ir orientado a favorecer las condiciones para la regeneración y el crecimiento de individuos de estas especies que muestran buena forma de fuste.

Para los muestreos complementarios se establecieron 10 bloques con cinco parcelas de 10 m x 10 m cada uno (50 parcelas en total). Fueron ubicados sobre carriles separados entre sí 60 m.

El muestreo silvicultural recopiló información de vegetación ≥ 10 cm de d y el diagnóstico de los líderes deseables de las especies encino y roble con d entre 10 cm – 40 cm. El muestreo de remanencia evaluó árboles con $d \geq 40$ cm, que fue definido como el DMC para la obtención de madera.

De acuerdo a los resultados del muestreo silvicultural, el bosque Masicarán es coetáneo, con dos especies dominantes: encino (*Quercus oleoides*) y roble (*Quercus apatifolia*), utilizadas en la zona tradicionalmente para leña y carbón por su alta densidad, pero que potencialmente tienen un alto valor para madera de aserrío. La abundancia promedio es de 504 árboles ha^{-1} ≥ 10 cm de d . El encino y roble representan el 91% del total de árboles ha^{-1} , una mayoría de los individuos presentan fustes poco cilíndricos, con muchas torceduras que los hace poco atractivos comercialmente para la construcción de muebles y viviendas. Hay una alta densidad de árboles en la categoría diamétrica 10-20 cm, donde el 73% del total de individuos pertenece a estas dos especies (Figura 13).

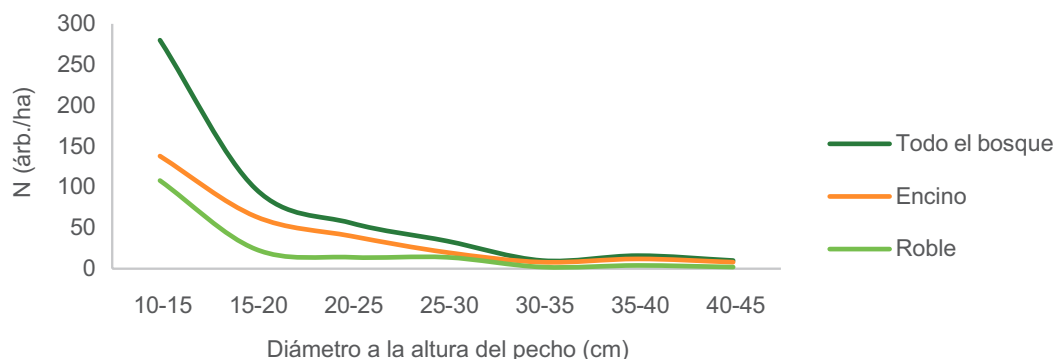


Figura 13. Distribución diamétrica del número de individuos por hectárea del bosque Masicarán, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras

En promedio, el área basal del bosque para árboles ≥ 10 cm de d es de $13,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Figura 14). El roble y encino comprenden el 65% y 30% del área basal total, respectivamente.

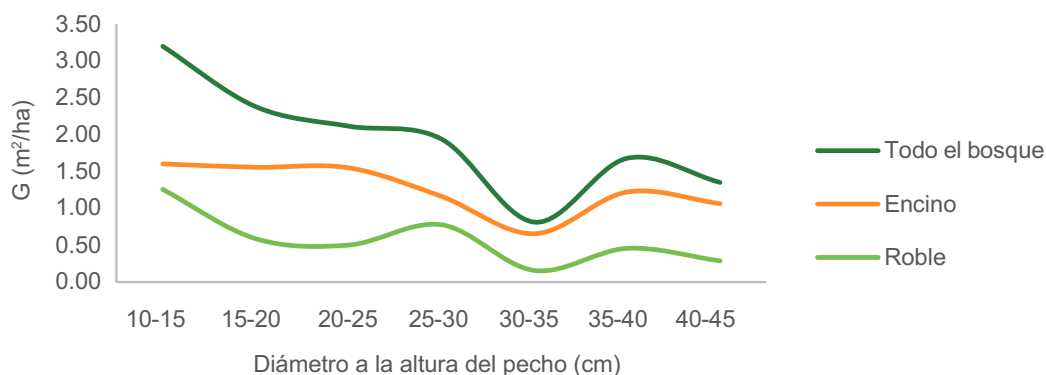


Figura 14. Distribución diamétrica del área basal en m^2 por hectárea del bosque Masicarán, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras

El muestreo diagnóstico indica que el bosque presenta una abundancia de 66 líderes deseables por hectárea, un valor alto en términos productivos. Los líderes deseables tienen buenas condiciones de iluminación (Cuadro 7), lo que indica que no se requiere aplicar un tratamiento de liberación. El 97% de los LD está en las categorías luz plena (1) y luz plena vertical (2). Tampoco se evidencian problemas por competencia con lianas (el 88% no presenta lianas) (Cuadro 8).

Los resultados del muestreo de remanencia (Cuadro 9), presentan un panorama actual de bajo potencial productivo. Existen apenas $10 \text{ árboles ha}^{-1} \geq 40$ cm de d de especies comerciales, ocho de ellos de mala forma (categoría 4) y solo dos están en condiciones para ser comercializables (categoría 1).

Cuadro 7. Distribución diamétrica de los líderes deseables por hectárea según la iluminación de copas del bosque Masicarán, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras

| Iluminación de copa* | Categoría diamétrica (cm) | | | | | | Total | % |
|----------------------|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | | |
| 1 | 6,0 | 0,0 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 2,0 | 16,0 | 24,2 |
| 2 | 14,0 | 10,0 | 6,0 | 10,0 | 0,0 | 8,0 | 48,0 | 72,7 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 3,0 |
| 4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 20,0 | 10,0 | 8,0 | 16,0 | 2,0 | 10,0 | 66,0 | 100,0 |

* Iluminación de copa: 1: luz plena; 2: luz plena vertical; 3: alguna luz vertical; 4: luz lateral; 5: sin luz vertical o lateral (ver Figura 10)

Cuadro 8. Distribución diamétrica de los líderes deseables por hectárea según el grado de cobertura de lianas del bosque Masicarán, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras

| Lianas* | Categoría diamétrica (cm) | | | | | | Total | % |
|--------------|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | | |
| 1 | 18,0 | 10,0 | 8,0 | 12,0 | 0,0 | 10,0 | 58,0 | 87,9 |
| 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 6,1 |
| 3 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 4,0 | 6,1 |
| Total | 20,0 | 10,0 | 8,0 | 16,0 | 2,0 | 10,0 | 66,0 | 100,0 |

* Lianas: 1: libre de lianas en fuste y copa; 2: presencia de lianas que no afectan el crecimiento de árbol; 3: presencia de lianas que afectan el crecimiento de árbol (ver Figura 12)

Cuadro 9. Distribución diamétrica de árboles remanentes por hectárea del bosque Masiscarán según la razón de remanencia

| Razón de remanencia* | Categoría diamétrica (cm) | Total | % |
|----------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| | 40-45 | | |
| 1 | 2,0 | 2,0 | 20,0 |
| 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 8,0 | 8,0 | 80,0 |
| 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 10,0 | 10,0 | 100,0 |

* Razón de remanencia: 1: comercial; 2: no comercial; 3: potenciales; 4: forma; 5: estado fitosanitario

Los tratamientos silviculturales que proponemos implementar son los siguientes:

- **Un saneamiento mediante la corta de árboles de roble y encino ≥ 40 cm de *dap*,** como forma de abrir el dosel para el crecimiento de los líderes deseables. Las secciones del árbol de buena forma se utilizarán para madera de aserrío y las secciones de mala forma para leña y carbón, como una forma de generar ingresos.
- **Un raleo,** en la categoría diamétrica de 10 a 20 cm de *d* para reducir la densidad y potenciar el crecimiento de los mejores individuos de encino y roble. Este es el principal tratamiento que recomendamos aplicar. Los árboles raleados de buena forma pueden comercializarse como madera para aserrío y postes y los de mala forma para leña y carbón.

Para este bosque descartamos los tratamientos de liberación, debido a que los líderes deseables se encuentran en buenas condiciones de iluminación; se propone la corta de lianas por su baja cobertura y el enriquecimiento ya que el bosque se encuentra densamente poblado por árboles de las especies de encino y roble.

6

Referencias

- Aide, TM; Clark, ML; Grau, HR; López-Carr, D; Levy, MA; Redo, D; Bonilla-Moheno, M; Riner, G; Andrade-Núñez, MJ; Muñiz, M. 2013. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica* 45:262-271. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>
- Akindele, SO; Onyekwelu, JC. 2011. Review Silviculture in Secondary Forests. In Günter, S; Weber, M; Stimm, B; Mosandl R (eds). *Silviculture in the Tropics*. New York, United States of America, Springer. p. 351-367.
- Armenteras, D; González, TM; Retana, J; Espelta, J (eds.). 2016. Degradación de bosques en Latinoamérica: síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales. s. l., IBERO-REDD+. 55 p.
- Armién, I; Szejner, M; Emanuelli, P; Milla, F; Duarte, E; Vergara, L. 2015. Enriquecimiento con especies nativas en áreas con matorral de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. San Salvador, El Salvador, REDD/CCAD-GIZ. 39 p. (Serie Técnica N° 14).
- Asner, GP; Rudel, TK; Aide, T; Defries, R; Emerson, R. 2009. A Contemporary Assessment of Change in Humid Tropical Forests. *Conservation Biology* 23(6):1386-1395. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01333.x
- Bicknell, J; Struebig, M; Edwards, D; Davies, Z. 2014. Improved timber harvest techniques maintain biodiversity in tropical forests. *Current Biology* 24(23):1119-20. DOI:10.1016/j.cub.2014.10.067
- Brown, S; Lugo, AE. 1990 Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6:1-32.
- Burivalova, Z.; Şekerciöglu, C.H.; Koh, L.P. 2014. Thresholds of logging intensity to maintain tropical forest biodiversity. *Current Biology* 24: 1- 6.
- Canet, G. 2015. Recuperación de la cobertura forestal en Costa Rica, logro de la sociedad costarricense. *Ambientico* 253:17-22.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza); FCCF (Fondo Forestal y Cambio Climático), LUXDEV (Agencia Luxemburguesa para la Cooperación al Desarrollo). 2016. Definición de bosques secundarios y degradados en Centroamérica. Turrialba, Costa Rica. (Documento de trabajo).
- Chazdon, RL. 2014. *Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation*. University of Chicago Press. 449 p.
- Chazdon, RL; Peres, CA; Dent, D; Sheil, D; Lugo, AE; Lamb, D; Miller, SE. 2009. The potential for species conservation in tropical secondary forest. *Conservation Biology* 23(6):1406-1417. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01338.x
- Chokkalingam, U; De Jong, W. 2001. Secondary forest: A working definition and typology. *The International Forestry Review* 3(1):19-26.
- Corlett, RT. 1994. What is secondary forest? *Journal of Tropical Ecology* 10(3):445-447. doi:10.1017/S0266467400008129

- Dawkins, HC. 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Oxford, England, University of Oxford.
- De Jong, W; Freitas, L; Baluarte, J; van de Kop, P; Salazar, A; Inga, E; Meléndez, W; Germana, C. 2001 Secondary forest dynamics in the Amazon floodplain in Peru. *Forest Ecology and Management* 150(1-2):135-146
- De las Salas, G. 2000. Los bosques secundarios de América tropical: Perspectivas para su manejo adecuado. *Colombia Forestal* 6(13):101-110.
- Emrich, A; Pokorný, B; Sepp, C. 2000. The significance of secondary forest management for development policy. Eschborn, German, GTZ. (TOB Series No. FTWF-18e).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2005. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 351 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Roma, Italia. Disponible en www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome, Italy. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Informe técnico N° 188. Colección Silvicultural y Manejo de Bosques Naturales no. 5).
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. *Trends in Ecology & Evolution* 11(3):119-124. doi: 10.1016/0169-5347(96)81090-1
- Finegan, B; Nasi, R. 2004. The biodiversity and conservation potential of shifting cultivation landscapes. In Schroth, G; da Fonseca, G; Harvey, CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN (eds.). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington, DC, United States of America, Island Press. p. 153-197.
- Guariguata, MR; Finegan, B (eds.). 1998. Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People, and Policy. Proceedings of a conference held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, 10-12 November 1997.
- Hutchinson, I. 1992. Planificación para la silvicultura y el manejo de bosques naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Documento preparado para el V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. 1 de marzo al 7 de abril).
- Hutchinson, I. 1993a. Silvicultura y manejo en un bosque secundario tropical: caso Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 2:13-18. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorion.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5719/Silvicultura%20y%20manejo%20en%20un%20bosque%20secundario%20tropical%20caso%20Perez%20Zeledon%20Costa%20Rica.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Hutchinson, I. 1993b. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del Trópico Húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Informe técnico N° 204).
- Jennings, SB; Brown, ND; Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: Canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72(1):59-74. doi:doi.org/10.1093/forestry/72.1.59
- Kammesheidt, L. 2002. Perspectives on Secondary Forest Management in Tropical Humid Lowland America. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(3):243-250. doi:10.1579/0044-7447-31.3.243
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido -. Eschborn, Alemania, GTZ.
- Matthews, JD. 1989. *Silvicultural Systems* Clarendon Press, Oxford. 284 p.
- Mills, DJ; Bohlman, S; Putz, F; Andreu, M. 2019. Liberation of future crop trees from lianas in Belize: Completeness, costs, and timber-yield benefits. *Forest Ecology and Management* 439: 97-104.

- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). (27 de Julio de 2016). Sistema Costarricense de Información Jurídica. Disponible en http://www.pgweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=82889&nValor3=106166&strTipM=TC
- Mitchell, SJ; Beese, WJ. 2002. The retention system: reconciling variable retention with the principles of silvicultural systems. *The Forestry Chronicle* 78(3):397-403.
- Mostacedo, B; Fredericksen, TS. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Bolfor.87 p.
- Müller, E. 2002. Making secondary forests visible. *ITTO Trop For Update* 12(4):16-18.
- Naumann, B; Chew, J; Stewart, C. 1991. Target stands – a silvicultural vision of the future. Proceedings of the National Silviculture Workshop, Cedar City, Utah May 6-9, 1991.
- Orozco, L; Brumér, C; Quirós, D (eds.). 2006. Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 442 p. (Serie técnica. Manual técnico no.63).
- Paquette, A; Hawryshyn, J; Senikas, AV; Potvin, C. 2009. Enrichment planting in secondary forest: A promising clean development mechanism to increase terrestrial carbon sinks. *Ecology and Society* 14(1): 31. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art31/>
- Peña-Claros, M; Boot, R; Dorado-Lora, J; Zonta, A. 2002. Enrichment planting of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and Crown traits. *Forest Ecology and Management* 161(1-3):159-168. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00491-1
- Putz FE; Sist, P; Fredericksen, T; Dykstra, D. 2008. Reduced impact logging: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 256: 1427-1433
- Putz, FE; Redford, KH. 2010. The Importance of Defining "Forest": Tropical Forest Degradation, Deforestation, Long-term Phase Shifts, and Further Transitions. *Biotropica* 42(1):10-20. doi:10.1111/j.1744-7429.2009.00567.x
- Quesada, R. 2008. Manual para promover la regeneración natural en pastos degradados en el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. San José, Costa Rica: Corporación Garro y Moya S.A.
- Quirós, D. 1998a. Muestreos para la prescripción de tratamientos silviculturales en bosques naturales latifoliados: Guía de campo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Manejo Forestal Tropical N°4).
- Quirós, D. 1998b. Ejecución del muestreo diagnóstico en bosques naturales húmedos latifoliados. Guía de campo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Manejo Forestal Tropical N° 3).
- Quirós, D. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M (eds.). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 132-153.
- Redford, KH. 1992. The Empty Forest. *BioScience* 42(6): 412-422. doi:10.2307/1311860
- Redo, DJ; Grau, HR; Aide, M; Clark, ML. 2012. Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(23):8839-8844.
- Sabogal, C; Castillo, A; Mejía, A; Castañeda, A. 2001. Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Informe Técnico N° 324).
- Sánchez, M. 2013. Protocolo de establecimiento y medición de parcelas permanentes de muestreo en bosque natural. San José, Costa Rica. Informe para el Observatorio de Ecosistemas Forestales de Costa Rica (OEFo-CR).
- Sasaki, N; Putz, FE. 2009. Critical need for new definitions of "forest" and "forest degradation" in global climate change agreements. *Conservation Letters* 2:226-232. doi:10.1111/j.1755-263X.2009.00067.x
- Serrano-Molina, JJ; Delgado-Rodríguez, D; Esquivel, M; Morales, JP. 2019. Guía didáctica para la silvicultura de bosques secundarios y degradados de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 46 p. (Serie técnica. Manual Técnico no. 144).

- Simula, M. 2009. Hacia una definición de degradación de los bosques: Análisis comparativo de las definiciones existentes. Roma, Italia, FAO. 55 p.
- Sitoe, AA. 1992. Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical bajo diferentes intensidades de intervención. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Smith, DM; Larsen, BC; Kelty, MJ; Ashton, PMS. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology. 9th edition. New York, United States of America, John Wiley and Sons. 537 p.
- Synnott, T.J. 1980. Tropical rainforest silviculture: A research project report. Oxford, England, University of Oxford.
- Terborgh, J; Nuñez-Iturri, G; Pitman, NC; Cornejo Valverde, FH; Alvarez, P; Swamy, V; Paine, CT. 2008. Tree recruitment in an empty forest. *Ecology* 89(6):1757-1768. doi:doi.org/10.1890/07-0479.1
- Tucker, CM; Randolph, J; Evans, T; Andersson, KP; Persha, L; Green, GM. 2008. An Approach to Assess Relative Degradation in Dissimilar Forests: Toward a Comparative Assessment of Institutional Outcomes. *Ecology and Society* 13(1): 4. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art4/>
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 1978. Tropical forest ecosystems: A state of knowledge report prepared by UNESCO, UNEP, and FAO. Vendôme, France (Vol. Natural Resources Research XIV).
- Valerio, J; Salas, C. 1998. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Segunda edición corregida y aumentada. Santa Cruz, Bolivia, Bolfor.
- Villegas, Z; Peña-Claros, M; Mostacedo, B; Alarcón, A; Licona, JC; Leaño, C; Choque, U. 2009. Silvicultural treatments enhance growth rates future crop trees in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 258(6): 971-977. doi:10.1016/j.foreco.2008.10.031
- Wadsworth, FH. 1997. Forest production for tropical America. Washington, United States of America, USDA. 563 p. (Agriculture Handbook 710).
- Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América Tropical. Washington, United States of America, USDA Forest Service. 603 p. (Manual de Agricultura 710-S).

7

Anexos

Anexo 1. Las técnicas silviculturales

Las técnicas silviculturales son operaciones para favorecer el crecimiento y sobrevivencia de los líderes deseables y árboles de interés para conservación. Constituyen la base operativa del tratamiento prescrito.

En los bosques tropicales se trabajan principalmente tres técnicas: corta, anillamiento y perforaciones. La primera provoca la eliminación inmediata del individuo y las otras dos causan una desvitalización paulatina hasta que el individuo muere tiempo después. El lugar indicado para ejecutar cualquiera de las tres técnicas es el fuste del individuo.

Las técnicas silviculturales que se describen a continuación son el anillamiento, la perforación y la corta, todas ampliamente conocidas y que forman parte de la cultura campesina de la región.

El anillamiento

Es quizás la más importante técnica de la silvicultura tropical usada para la eliminación de árboles no deseados. Es una operación sencilla y efectiva que emplea herramientas de bajo costo y uso común, como es el caso del machete, hacha o motosierra mediana o pequeña. Consiste en eliminar una franja de corteza y floema de aproximadamente 30 cm de ancho alrededor de toda la circunferencia del fuste del árbol (Figura 15), lo que impide el flujo de agua y nutrientes provocando su muerte paulatina.



Figura 15. Árbol de guácimo blanco (*Goethalsia meiantha*) anillado como parte de un tratamiento silvicultural de mejoramiento o saneamiento aplicado en el bosque secundario Florencia, Turrialba, Costa Rica

Fotografías: Juan José Serrano

El anillamiento provoca la apertura gradual del dosel. Las copas y ramas de los árboles anillados van cayendo lentamente lo que reduce los impactos repentinos y violentos que provoca la caída de un árbol entero en el bosque. Aunque algunos recomiendan la aplicación de arboricidas u otros químicos en el anillo, CATIE no recomienda su uso por considerarse innecesario para efectos de la efectividad del tratamiento.

Al aplicar la técnica, hay que asegurarse que se elimine totalmente el cambium (tejido meristemático que origina el floema y el crecimiento), por lo que es conveniente profundizar el corte al menos 2,5 cm (aproximadamente una pulgada) dentro de la madera (xilema). Algunas especies son capaces de rebrotar bajo el anillo y otras resisten el descortezado. En las especies que presentan fustes acanalados (como en el caso de la Figura 15), gambas o raíces tablares altas se dificulta la ejecución total del anillo por lo algunas personas prefieren hacer perforaciones.

Perforaciones

Esta técnica consiste en hacer agujeros en la corteza que penetren hasta el centro del árbol, con el fin de desvitalizar y eliminar de forma gradual árboles no deseados. Para mejorar la efectividad del tratamiento se aplican con frecuencia arboricidas. El agujero se realiza con diversas herramientas, pero las más utilizadas son las brocas y motosierras donde se introduce la espada; en el mercado también existen inyectoros diseñados para tal fin que además de perforar inyectan arboricidas.

Esta técnica es de muy fácil aplicación ya que sólo se requiere perforar pocos puntos en el fuste del árbol. Además, se puede usar en árboles de *d* grandes, con fustes deformados y/o acanalados, o ubicados en lugares de difícil acceso. Tales ventajas dan un mayor rendimiento por unidad de área. El uso de arboricidas, sin embargo, constituye la principal desventaja de esta técnica, por lo que CATIE no la recomienda.

Tala o corta

Se emplea principalmente en las cosechas y en tratamientos que eliminan árboles pequeños, cuya caída no provoca impactos significativos al bosque. Es común usar esta técnica en raleos bajo el dosel o bien en la corta de lianas.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

ISBN: 978-9977-57-739-5

