



Guía didáctica

para la silvicultura de bosques
secundarios y degradados
de Centroamérica

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



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère des Affaires étrangères
et européennes

Direction de la coopération
au développement et
de l'action humanitaire



Serie técnica.

Manual técnico no. 144

Guía didáctica

para la silvicultura de bosques secundarios y degradados de Centroamérica

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

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica
Febrero 2019

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, 2019.

ISBN 978-9977-57-710-4

634.92

S489

Serrano-Molina, Juan José

Guía didáctica para la silvicultura de bosques secundarios y degradados de Centroamérica / Juan José Serrano-Molina. – 1ª ed. – Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2019.

46 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 144)

ISBN 978-9977-57-710-4

1. Silvicultura 2. Ecología forestal 3. América Central I. Delgado-Rodríguez, Diego II. Esquivel, Mariajosé III. Morales, Jean Pierre IV. CATIE V. Título VI. Serie.

Diseño

Rocío Jiménez Salas

Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Contenido

Introducción	7
Métodos para la toma de decisiones en tratamientos silviculturales para bosques secundarios y degradados	9
Inventario forestal	10
Personal de campo y equipo para el inventario:	10
Planificación del Inventario	11
Muestreos complementarios	21
Muestreo silvicultural	21
Muestreo diagnóstico	22
Muestreo de remanencia	28
Censo comercial	30
Tratamientos silviculturales para bosques secundarios y degradados	35
Cosecha o aprovechamiento de madera	35
Tratamiento de liberación	37
Plantaciones de enriquecimiento	38
Saneamiento o mejora	39
Raleo	40
Corta de lianas	41
Corta del dosel medio (dosel protector)	42
No intervenir el bosque	42
Bibliografía	43

1

Introducción

Los paisajes forestales en Centroamérica se encuentran fuertemente influenciados por actividades humanas. La deforestación, fragmentación y sobrexplotación de recursos se identifican como los principales propulsores de pérdida y degradación de los bosques (Argotty *et al.* 2016). En estos países tropicales, las tendencias de la deforestación y del uso no sostenible de bosques son acompañadas por un aumento en la proporción de la cobertura forestal conformada por bosques secundarios (Aide *et al.* 2012, Redo *et al.* 2012) y bosques degradados (Henao *et al.* 2015). Actualmente, muchos de los servicios ecosistémicos en paisajes forestales son provistos por tales ecosistemas.

Los bosques secundarios son ecosistemas forestales que se desarrollan en áreas cuya vegetación original es destruida totalmente por perturbaciones naturales o humanas, como por ejemplo la agricultura, los incendios forestales o deslizamientos; que originan un cambio de uso de la tierra, y que posteriormente son abandonadas o dejadas en descanso, dando lugar a un proceso de sucesión natural o repoblamiento de la cobertura vegetal (Finegan 1996).

Los bosques degradados son aquellos que han sido modificados drásticamente, perdiendo sus características de estructura, composición y diversidad debido a impactos de actividades humanas, como la sobre-explotación de madera, o por fenómenos naturales como huracanes y otros eventos climáticos extremos que llegan a afectar sus procesos ecológicos y servicios ecosistémicos llevándolos a niveles muy reducidos (Ortiz 2011). A diferencia de los bosques secundarios, los bosques degradados no vienen de un cambio de uso de la tierra, sino que sufren una pérdida significativa en su estructura y composición de especies (Lund 2009, Simula 2009).

Los bosques secundarios y degradados son reconocidos como ecosistemas de importancia en el contexto de la restauración de paisajes y de los servicios ecosistémicos a pobladores rurales. Por esto, resulta clave incrementar el potencial productivo de estos bosques a través de su manejo sostenible y enlazarlo con la industria forestal maderera (Berti 2001). Son pocas las investigaciones que se han hecho acerca de la rentabilidad del manejo forestal en bosques secundarios y degradados, sin embargo, su manejo puede ser una fuente importante de ingresos para comunidades y dueños de bosques en la región (Henaó 2014).

En Centroamérica, los bosques secundarios y degradados tienden a percibirse como áreas sin valor económico, que no ameritan ninguna inversión financiera para su aprovechamiento productivo. Esto provoca que estas áreas sean deforestadas para otros usos como la ganadería, la agricultura y el desarrollo urbano. Sumado a esto, existen pocas experiencias de manejo en bosques secundarios y degradados; las que se han documentado han sido conducidas aplicando estándares orientados al aprovechamiento de masas forestales de bosque primario (Henaó *et al.* 2015). Esta situación exige el diseño e implementación de acciones enfocadas hacia el aumento del valor de los bosques secundarios -para agricultores, ganaderos y dueños de fincas-, que sirvan para persuadirlos a mantener los bosques como sistemas sostenibles de producción.

La presente Guía tiene por objetivo presentar elementos básicos para orientar las prácticas silvícolas en bosques secundarios y degradados en la región, escritos de forma sencilla y clara para personal técnico y no técnico del sector forestal. Así como otros documentos generados para este tipo de bosques en la región (ver Delgado *et al.* 2018), el fin es brindar herramientas para la toma de decisiones en la gestión sostenible de estos ecosistemas, que sean relevantes a comunidades y propietarios de fincas, permitiéndoles implementar acciones para la restauración activa de sus bosques.

La guía incluye la descripción de métodos para la recolección de datos necesarios para la toma de decisiones para la aplicación de tratamientos silviculturales apropiados para mejorar el crecimiento de árboles comerciales y, en consecuencia, aumentar las existencias de volumen para cosechas futuras y mejorar los servicios ecosistémicos del bosque.

2

Métodos para la toma de decisiones sobre la aplicación de tratamientos silviculturales en bosques secundarios y degradados

El planteamiento en esta Guía parte de que el manejo forestal sostenible inicia con la valoración del estado productivo del bosque para la aplicación de tratamientos o intervenciones silviculturales, con el fin de incentivar la dinámica natural y así el crecimiento de la masa forestal. Esto busca mejorar la producción de bienes y servicios ecosistémicos en el ciclo actual y futuro del bosque, a la vez que mantiene la integridad ecológica del ecosistema.

Un tratamiento silvicultural se define como una operación aplicada al bosque para modificar su estructura y composición de acuerdo con los objetivos de su propietario, los cuales pueden enfocarse en el establecimiento de la regeneración o en el aumento de especies de interés por su valor comercial (Sitoe 1992, Quirós 2001).

Esta guía didáctica abarca una serie de lineamientos prácticos para recolectar la información del estado del bosque y orientar la planificación e implementación de tratamientos silviculturales. Se enfoca en los bosques secundarios y degradados, que son aquellos que necesitarán más intervenciones para mejorar su estructura y tasa de crecimiento, así como la recuperación de sus servicios ecosistémicos.

La guía plantea, como primer paso, conocer el estado del bosque en aspectos como la producción de madera y su potencial de crecimiento. Para ello se realiza un inventario forestal que combina métodos de muestreo y, posteriormente, un censo comercial. Los datos recolectados a partir del inventario forestal y del censo comercial, son la base para prescribir el (los) tratamiento(s) que permita(n) cumplir satisfactoriamente con los objetivos del dueño y las necesidades o condiciones detectadas en el bosque, para así diseñar un esquema de manejo adecuado.

Inventario forestal

El objetivo del inventario forestal es el levantamiento de información del bosque a partir de la cual se tomarán las decisiones para su manejo. Durante la realización del inventario es necesario recoger información sobre:

- › Topografía del bosque mediante recorridos del terreno ubicando ríos, quebradas, caminos, pendientes, entre otros.
- › Árboles y palmas presentes.

El inventario se inicia con la apertura de transeptos dentro del bosque donde se mide la distancia de extremo a extremo del bosque y se anotan otros aspectos como las características topográficas e hidrológicas encontradas. Posterior a esto, sobre los transeptos abiertos, se instalan parcelas de muestreo donde se evalúan los árboles y palmas registrándose la especie (a nivel de nombre científico), el diámetro a la altura del pecho (d), la iluminación de la copa, forma de la copa y presencia de lianas. Con esta información de campo se puede obtener el área basal y la abundancia de individuos de las especies del bosque (Pineo 2004).

Personal de campo y equipo para el inventario

El equipo de trabajo en el bosque al menos debe estar compuesto por:

- › **Un ingeniero o técnico forestal:** esta persona dirige el trabajo de campo, diseña el inventario y analiza la información. Es el coordinador responsable de la toma de datos en campo.
- › **Un asistente de campo:** es una persona capacitada en mediciones con cinta métrica, diamétrica, brújula y otros equipos forestales. Realiza labores de campo como la medición del d , apertura de carriles de inventario y delimitación de parcelas, entre otras.
- › **Un identificador de especies:** debe ser una persona con experiencia y conocimiento en identificación de especies forestales a nivel de nombre común o nombre científico, además apoya al equipo técnico en la medición de árboles y en otras tareas como la delimitación de parcelas.





El equipo necesario para efectuar el inventario incluye una cinta métrica de 30 m de largo, una brújula, una cinta diamétrica, un clinómetro, un GPS, cinta topográfica y estacas de madera (en algunos países se les llama baliza o mojón y, por lo general, se consiguen dentro del bosque). Además, se debe contar con una libreta (de papel resistente al agua) y lápiz para las anotaciones y herramientas como machetes y limas planas o triangulares entre otras.

Planificación del inventario

La planificación del inventario incluye el desarrollo de dos actividades: levantamiento topográfico y diseño del muestreo. Levantar la información de la superficie del bosque es el primer paso del inventario, permitiendo así conocer la extensión del bosque y las principales características físicas del terreno. El segundo paso es diseñar el muestreo, determinando la cantidad y distribución de las parcelas de medición.

Levantamiento topográfico del bosque

El levantamiento de la información topográfica del bosque permite identificar características físicas del terreno. Estas características pueden ser: reservorios hídricos como quebradas y mantos acuíferos, caminos de paso, pendientes, infraestructuras como puentes o bien, otros usos de la tierra que se encuentren dentro de la finca como pastos o áreas de cultivo. Con esta información se traza el mapa o plano del área sujeta a manejo. Los pasos a seguir son:

Paso 4.

Trazado de los carriles. A lo largo de cada carril se colocan balizas identificadas con cinta topográfica cada 25 metros (Figura 1), donde se anota la distancia acumulada (por ejemplo, 0 m, 50 m, 100 m). Durante el recorrido de cada carril, normalmente a partir de los primeros 10 metros, se anota en una libreta de campo la existencia de elementos como cursos de agua y caminos y se registra la dirección y el nivel del terreno a ambos lados, siguiendo la dirección del elemento.

Al finalizar el levantamiento topográfico se puede determinar el área productiva de manejo del bosque, la cual se obtiene eliminando áreas destinadas a la protección, donde no se permite el aprovechamiento de madera, como el caso de sitios cerca de riachuelos.

Las áreas bajo protección son definidas por la legislación de cada país, por ejemplo, por pendiente mayores a 60% (según la legislación de Guatemala y Costa Rica, las zonas con esta pendiente o mayores no se consideran áreas productivas), por la presencia de quebradas, nacientes o ríos. Otros elementos que quedan fuera del área efectiva son otros usos de la tierra como cultivos, pastos y áreas de vivienda, entre otras, que no tengan bosque. Con los elementos registrados se construye un mapa (Figura 2).

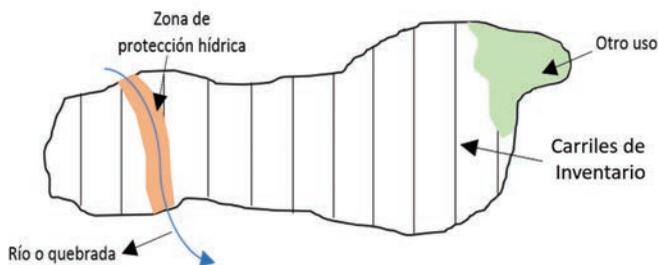


Figura 2. Determinación del área efectiva de un bosque.

Diseño del muestreo

Los muestreos buscan recabar información suficiente del bosque para definir aspectos relacionados a la cosecha y la aplicación de tratamientos silviculturales. Para empezar el muestreo hay que determinar la forma y tamaño de la parcela, así como la cantidad y distribución de parcelas a instalar. En las legislaciones de los países de la región, el tamaño de la parcela se encuentra regulado, por lo cual esta propuesta busca ser adaptable a las especificaciones de cada país.

La propuesta de la guía es recopilar los datos utilizando la combinación de tres muestreos: silvicultural, de remanencia y diagnóstico, los cuales se realizan de forma simultánea en cada parcela y constituyen el medio para recopilar la información necesaria para la toma de decisiones en cuanto al manejo del área de bosque. El diseño de muestreo propuesto por esta guía tiene las siguientes características:

Tamaño y forma de la parcela. Se propone utilizar parcelas de 100 m² y de forma cuadrada (10 m x 10 m), definida por Hutchinson (1993) como una unidad de área conveniente para el muestreo en bosques.

Intensidad de muestreo. La intensidad de muestreo se refiere al porcentaje de área productiva que se debe muestrear. Se recomienda una intensidad entre 5% y 8% en áreas de manejo de 30 a 100 ha, ya que a estos niveles se logra una muestra estadísticamente significativa del bosque.

El número máximo de parcelas a establecer varía con el tamaño del área de manejo y la intensidad de muestreo. Por ejemplo, si se desea inventariar un bosque con un área efectiva (A) de 100 ha, utilizando una intensidad de muestreo (i) del 5% (0,05) y tamaños de parcela de 10 m x 10 m (0,01 ha). El número de parcelas (n) sería:

$$\begin{aligned} \text{área de muestreo} &= A * i, & \text{es decir,} & & 5 \text{ ha de muestreo} &= 100 \text{ ha} * 0,05 \\ n &= \frac{\text{área de muestreo (ha)}}{\text{área de la parcela (ha)}}, & \text{es decir,} & & n &= \frac{5 \text{ ha}}{0,01 \text{ ha}} = 500 \text{ unidades de muestreo} \end{aligned}$$

De acuerdo al cálculo, se deben instalar como mínimo 500 parcelas de 10 m x 10 m en el bosque de 100 ha. Si la intensidad de muestreo se aumenta al 8%, entonces se deben instalar 800 parcelas de 10 m x 10 m.

Ubicación de las parcelas. Se propone distribuir las parcelas de forma sistemática en toda el área del bosque, de acuerdo a un orden pre-establecido. Para ubicar las parcelas de forma sistemática se usa como base la línea de los carriles de inventario.

Se recomiendan dos formas de ubicar parcelas en campo (ver Figura 3): en bloques o fajas. Los bloques consisten en ubicar parcelas de 10 m x 10 m de forma continua, que se adaptan al tamaño establecido por las legislaciones de cada país. Por ejemplo, si según la legislación la parcela es de $\frac{1}{4}$ de hectárea, se deberían montar bloques de 25 parcelas de 10 m x 10 m, en secciones a lo largo del carril (formando lo que se denominan bloques de parcelas). Cada bloque de parcelas se encuentra separado de otro por una distancia mínima (Figura 3A). En el muestreo en fajas (Figura 3B), las parcelas también se colocan de forma continua pero abarcando todo el carril.

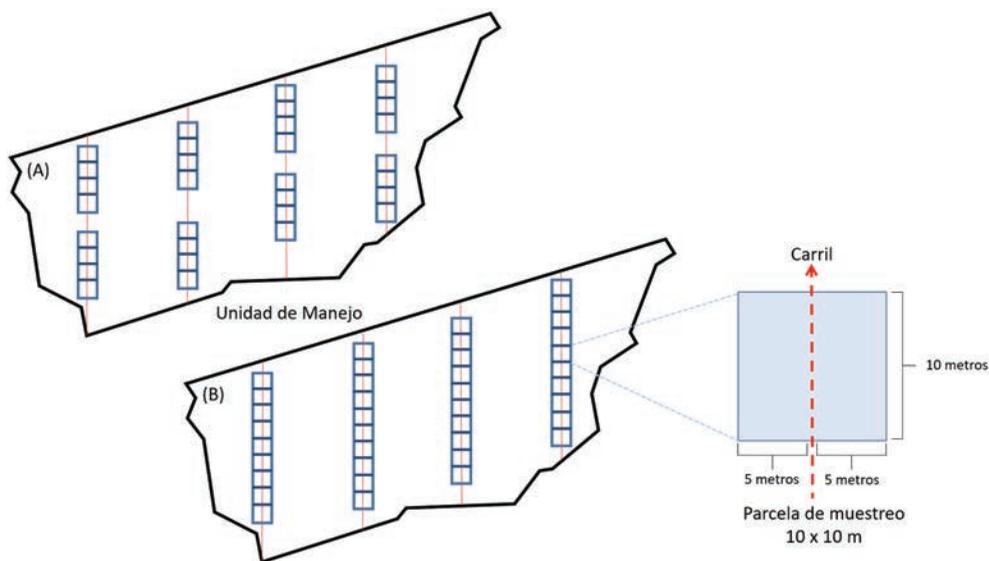


Figura 3. Ubicación de las parcelas para el inventario forestal en bloques (A) y en fajas (B)

Nota importante: cuando la variación de los datos en las unidades de muestreo es alta, es necesario agrupar las unidades de muestreo en estratos. Los estratos pueden diferenciarse según la composición de especies, la estructura del bosque y el estado de desarrollo, entre otros aspectos. Los estratos deben ser muestreados en forma independiente, aplicando un muestreo sistemático estratificado (Prodan 1997, Bolfor 2003, Louman *et al.* 2001).

Trazado de las parcelas. El procedimiento para instalar las parcelas es tomar el carril como línea central. Por ejemplo, para la parcela de 10 m x 10 m, el carril la divide en dos partes iguales (5 m a la izquierda y 5 m a la derecha), con lo que se delimita su ancho. En el inicio de cada parcela se coloca una baliza que se fija en la tierra y a la que se le amarra una cinta topográfica que identifica este punto inicial. La cinta debe contener el número de parcela y el carril, por ejemplo, C9 P3, es decir carril nueve y parcela tres (ver figuras 3 y 4).

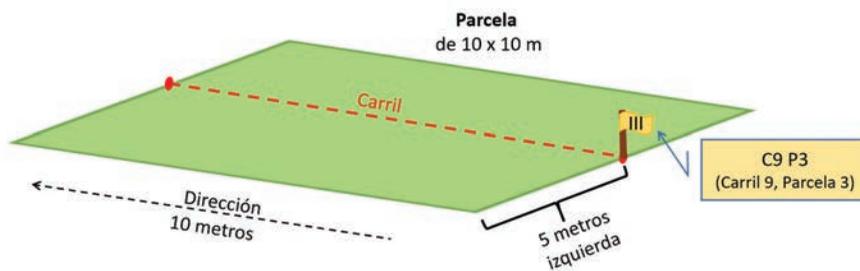


Figura 4. Trazado de las parcelas de muestreo

Registro de la información

Las variables medidas a los árboles y palmas en las parcelas de inventario forestal, llamadas variables dasométricas, son utilizadas para caracterizar o evaluar el estado del bosque. Se sugiere registrar todos los árboles y palmas (también denominados como individuos) con diámetro a la altura del pecho (d) mayor o igual a 10 cm. Insistimos en la necesidad de ajustar todos estos parámetros según la legislación forestal de cada país y de acuerdo a los objetivos de manejo definidos para el sitio.

En inventarios forestales normalmente se registran las siguientes variables dasométricas:

El diámetro a la altura del pecho (d):

medido en centímetros o milímetros a una altura de 1,3 m con respecto a la superficie del suelo (Figura 5).

La especie: identificar cada individuo por su nombre científico o nombre común (ver Recuadro 1).

La altura comercial en metros (hc):

es la altura que se considera comercialmente aprovechable de un árbol; es estimada desde el suelo hasta el punto donde emerge la primera rama gruesa del tronco.

La altura total en metros (ht): es la altura del árbol estimada desde la superficie del suelo hasta el nivel más alto de la copa del árbol.

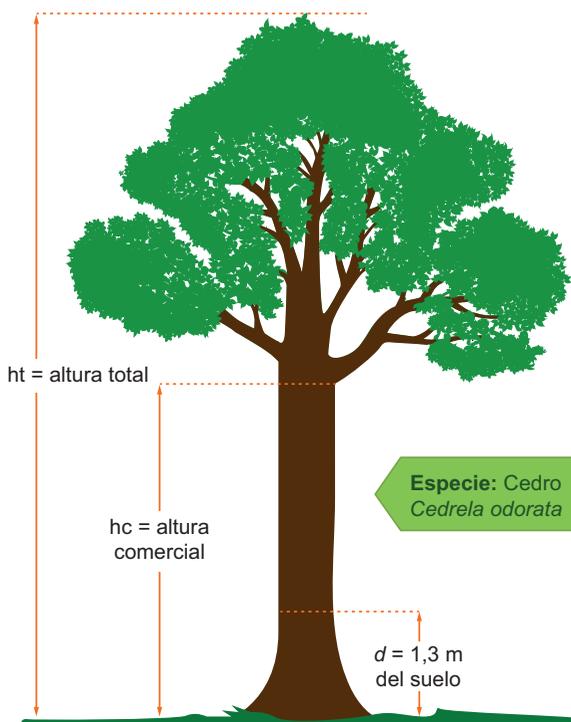


Figura 5. Registro de variables a medir para todos los individuos de la parcela con $d \geq 10$ cm

Medición de diámetros

La medición del diámetro en el tronco (d) -según protocolos estándares- se realiza a 1,3 metros de altura desde el suelo (Figura 5) denominado como “diámetro a la altura del pecho”. Salvo excepciones por deformaciones o daños en el tallo a esa altura, el diámetro se debe medir a una altura diferente (ver Figura 6); en estos casos, en el formulario de campo se debe indicar la altura a la que se tomó el diámetro.

En el caso de árboles con varios tallos bifurcados a una altura menor a 1,3 m (varios ejes), se debe anotar la medida del diámetro de cada eje (siempre y cuando el diámetro sea mayor a 10 cm). Cada eje es considerado como de un solo árbol (ver Figura 6G). Normalmente se utiliza una cinta diamétrica de fibra de vidrio o de metal para medir los diámetros (Prodan 1997).

Nota Importante. Todo árbol medido debe ser marcado en campo como señal de que ya se midió y evitar que se considere dos veces. Se recomienda que el árbol se marque con pintura por su durabilidad y fácil aplicación. Sin embargo, ya que este inventario es temporal, los árboles se pueden marcar con un punto de pintura en spray.

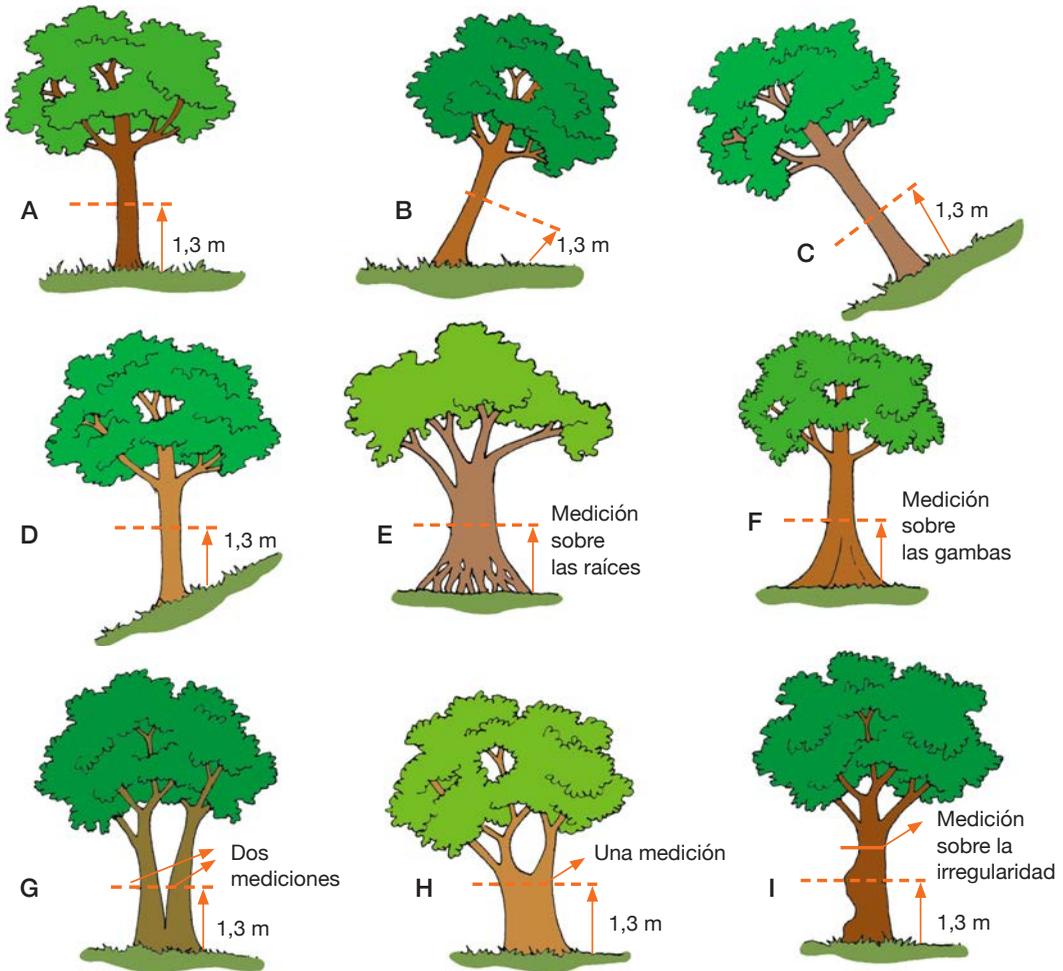


Figura 6. Medición del diámetro de los árboles (tomado de Camacho 2000)

Recuadro 1. Identificación de especies arbóreas.

La identificación de los individuos a nivel de especie es un punto clave para tomar decisiones con respecto al manejo, por ejemplo, para la definición de tratamientos silviculturales. La identificación es importante para poder clasificar las especies entre comerciales, potenciales y no comerciales. Para ello es imprescindible contar con un identificador en el proceso de inventario que tenga conocimientos de los árboles del sitio, preferiblemente de su nombre común y científico. En las comunidades hay personas que conocen bien las especies arbóreas y pueden servir para esta labor; asimismo hay algunas que han trabajado con madera y conocen los árboles y sus usos, otros han recibido capacitación en identificación botánica (parataxónomos); todas facilitan la identificación de árboles.

Algunas recomendaciones que hacemos para tener una adecuada identificación de especies en inventarios forestales son las siguientes:

1. Las especies comerciales pueden ser fácilmente reconocidas por personas que han aprovechado bosques en las comunidades. Normalmente las conocen por el nombre común, por ejemplo: cedro amargo, caoba y caobilla, (*Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Carapa guianensis*, respectivamente). En estos casos y en otros, para encontrar el nombre científico se utilizan listas de especies donde ambos nombres se encuentran asociados.
2. Las especies de difícil identificación pueden ser nombradas o agrupadas a nivel de morfoespecie por un parataxónomo o una persona calificada en la identificación de plantas. Una morfoespecie se define como una identidad reconocible y hasta cierto punto diferenciable de las otras. Como ejemplo de morfoespecie se tiene el caso de dos individuos de la familia Sapotaceae a los cuales se les nombra como zapotillo colorado o zapotillo blanco por el color de sus hojas, lo cual permite diferenciarlos y tratarlos como especies distintas.
3. En caso de no contar con una identificación completa en campo de un individuo (ni a nivel de nombre común o morfoespecie), este debe nombrarse como “desconocido”. Para individuos desconocidos deben recolectarse muestras de sus hojas y frutos y solicitar a especialistas su identificación. Es común que en inventarios existan individuos bajo una condición de “desconocidos”, lo que no es aceptable es que haya una proporción alta de ellos.

Muestreos complementarios

El levantamiento de información para diagnosticar el estado silvicultural del bosque, específicamente su potencial productivo, se hace aplicando tres muestreos dentro de la parcela de 10 m x 10 m: el muestreo silvicultural, el diagnóstico y de remanencia. Los datos recopilados permiten decidir las acciones actuales y futuras del bosque, por ejemplo, si amerita realizar o no el censo comercial y el tipo de intervención de acuerdo con la distribución de individuos en las clases diamétricas. Estos tratamientos silviculturales se definen para potenciar el crecimiento de los árboles de cosecha futura, por lo cual el o los tratamientos deben ajustarse a las condiciones específicas del bosque en ese momento (Hutchinson 1993, Quirós 1998).

Muestreo silvicultural

Este muestreo está dirigido a árboles y palmas con $d \geq 10$ cm, conocidos como “regeneración natural establecida” y sirve para evaluar la composición del bosque. El propósito es determinar el número de árboles y el área basal de las especies con $d \geq 10$ cm; este muestreo implica:

Mediciones y/u observaciones del muestreo silvicultural	Resultados obtenidos del muestreo
a. Nombre de las especies b. Diámetro a la altura del pecho de los individuos de árbol y palma con $d \geq 10$ cm	<ul style="list-style-type: none">➤ Registro de todos los individuos con $d \geq 10$ cm➤ Cuadros y curvas de distribución por categoría diamétrica por hectárea para: número de árboles y área basal de todas las especies, utilizando un rango de clase de 10 cm➤ Especies dominantes según área basal y especies abundantes según la cantidad de individuos

Muestreo diagnóstico¹

Este muestreo consiste en evaluar el potencial productivo del bosque, es decir, determinar la presencia o no de árboles para futuras cosechas. Para ello se evalúan variables relacionadas con el estado y productividad de árboles comerciales y las condiciones lumínicas y de competencia en que se encuentran.

El fundamento de este muestreo es determinar la presencia de un árbol para la futura cosecha en la parcela de 10 m x 10 m. A este árbol se le denomina deseable sobresaliente (DS) o líder deseable (LD) y debe cumplir con los siguientes requisitos (Figura 7):

- Ser una especie de interés por su valor comercial para madera.
- Tener buena forma de fuste, es decir sin torceduras, pudrición o alguna deformidad.
- Tener buena forma de copa.
- Tener un $d \geq 10$ cm pero menor o igual al diámetro mínimo de corta (DMC) que para efectos de la presente guía proponemos que sea de 30 cm.

En este bosque, los árboles de cedro figuran como deseables sobresalientes (DS), ya que tienen buena forma y son especies de interés, en este caso por su valor comercial. Dentro de cada parcela se debe escoger el DS de mayor diámetro ($d \geq 10$ cm pero ≤ 30 cm; el DMC = 30 cm)

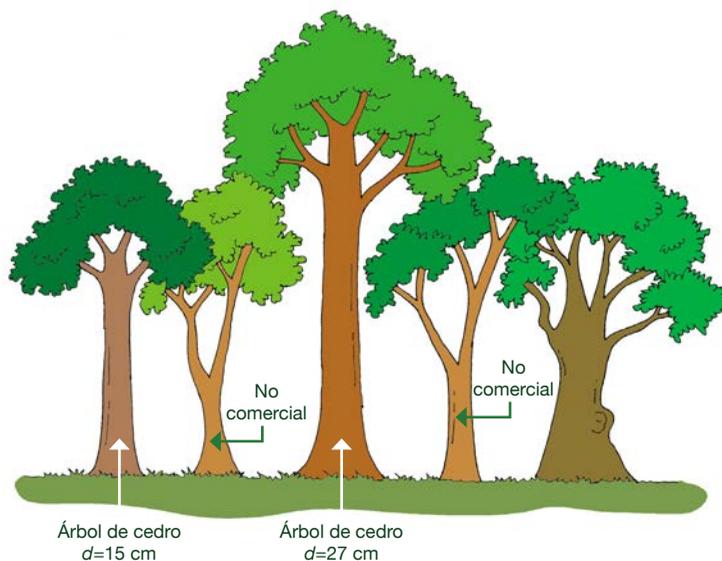


Figura 7. Muestreo diagnóstico para identificar el deseable sobresaliente (DS)

¹ Este muestreo fue propuesto por Hutchinson (1993) y modificado por Quirós (1998)

Cuando existen varios individuos dentro de una parcela que cumplen con los requisitos anteriores, se debe escoger aquel de mayor d . Si no existe ningún individuo que cumpla con los requisitos, la parcela se considera como vacía. Los tratamientos silviculturales se dirigen para favorecer los DS puesto que representan el futuro maderero del bosque, y el propósito de la silvicultura es mejorar sus condiciones para estimular su crecimiento.

Nota importante: la definición del DMC es una práctica silvicultural para regular el aprovechamiento forestal (Bolfor 2003, Salamanca 2017). Esta práctica está orientada hacia el manejo sostenible del bosque, buscando el balance entre el uso y la conservación del mismo. El DMC debe justificarse según los datos del inventario forestal, específicamente del análisis de la distribución diamétrica de cada especie de interés (Louman y Stanley 2002), reconociendo el potencial de crecimiento que tienen.

Las variables de medición en los DS son las siguientes: d , especie, grado de iluminación de la copa, forma de la copa y grado de competencia de lianas. El grado de iluminación de copa es una variable asociada a la condición de sitio en que se encuentra el DS y denota la cantidad de luz que potencialmente recibe como resultado de su tamaño y del grado de competencia con los árboles vecinos. La forma de copa está asociada a la capacidad que tienen los individuos de capturar la luz en el bosque, siendo las copas extendidas y de forma regular las que más cantidad de luz reciben. El grado de competencia de lianas indica el nivel de ocupación de lianas en los individuos. Todas estas variables se encuentran fuertemente asociadas al potencial de crecimiento de los DS y su tasa de mortalidad. Su análisis provee información valiosa para la toma de decisiones sobre la aplicación de tratamientos silviculturales.

La información que provee el muestreo diagnóstico de los DS es la siguiente:

Mediciones y/u observaciones del muestreo	Resultados obtenidos del muestreo
<ul style="list-style-type: none"> a. Identificación b. Diámetro a la altura del pecho c. Grado de iluminación de la copa d. Forma de la copa e. Grado de competencia de lianas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Distribución diamétrica según iluminación de copa ➤ Distribución diamétrica según forma de copa ➤ Distribución diamétrica según grado de competencia de lianas

Grado de iluminación de copa: Existen distintas formas de medir el grado de iluminación que recibe la copa de un árbol en el bosque. Por lo general, se hace una valoración cualitativa de la iluminación de la copa del DS, con respecto a otras copas y el grado de competencia por luz. La evaluación resulta en una estimación cualitativa de la cantidad de radiación que potencialmente recibe la copa del DS. Esta guía propone el uso de la siguiente escala de valoración (Dawkins 1958, Hutchinson 1993, ver Figura 8).

1	Luz plena: si la copa del DS está plenamente expuesta a iluminación lateral y vertical, ya sea porque se encuentra en un claro grande o es emergente.
2	Luz plena vertical: cuando la copa está plenamente iluminada desde arriba, en proyección vertical, y la luz lateral está total o parcialmente bloqueada por otras copas.
3	Alguna luz vertical: si 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: cuando la copa presenta iluminación lateral solamente.
5	Sin luz vertical o lateral: Cuando la copa no recibe luz directa (ni en proyección vertical ni lateral).

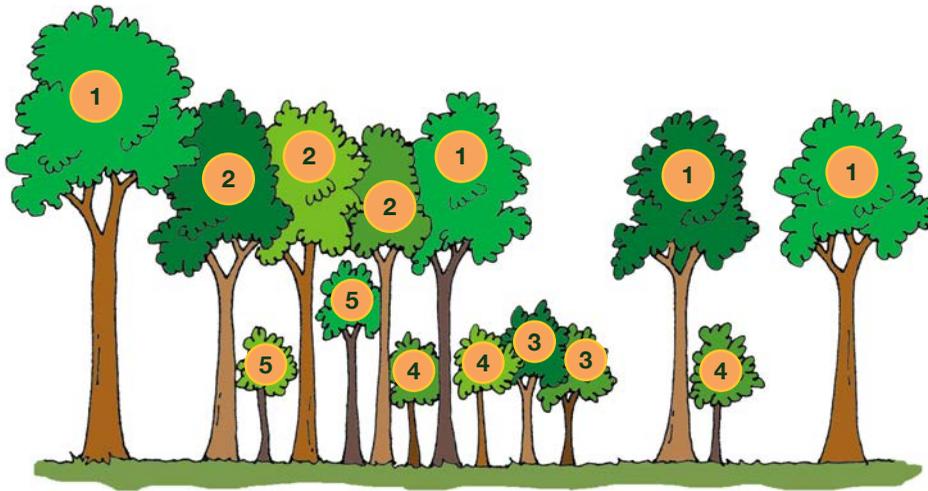


Figura 8. Ejemplos del grado de iluminación de copa (modificado de Jennings et al. 1999)

Forma de la copa: Para evaluar la capacidad de los individuos de capturar la luz del bosque, esta guía propone la siguiente escala de valoración de la forma de la copa de los DS (Dawkins 1958, modificada por Hutchinson 1993, ver Figura 9).

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

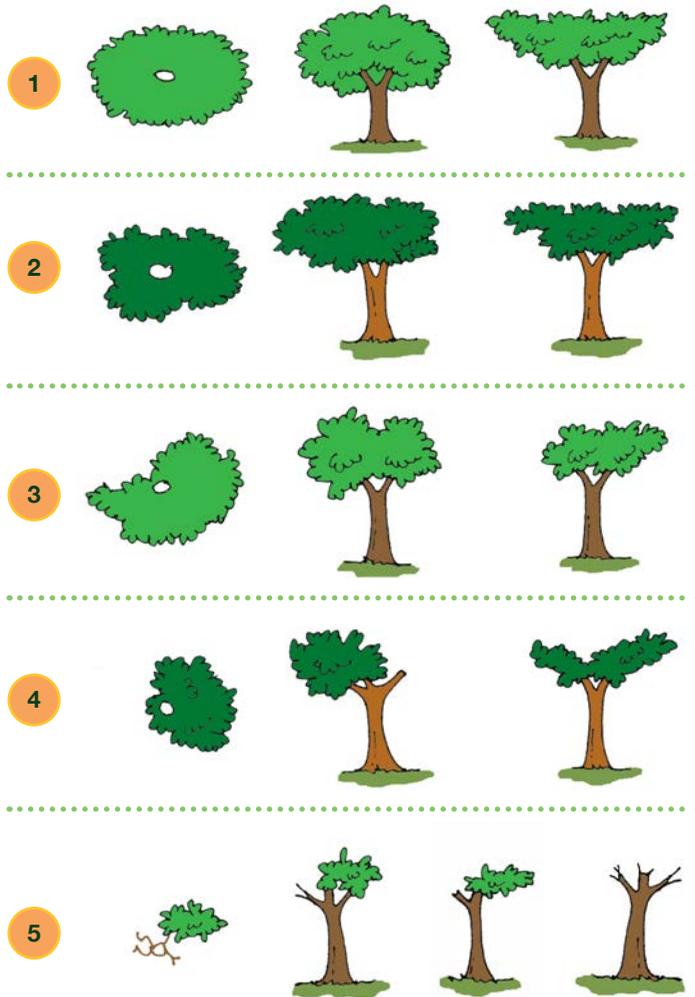


Figura 9. Formas de las copas de los árboles
(tomado de Dawkins 1958 y adaptada por Sánchez 2013)

Grado de competencia de lianas: las lianas y/o bejucos en un bosque constituyen fuerte competencia por luz, agua y nutrientes, provocando una reducción en el crecimiento y un aumento en la mortalidad de árboles; también pueden ocasionar deformaciones en el tronco por estrangulamiento. Proponemos evaluar la competencia de lianas en los árboles comerciales utilizando la siguiente escala cualitativa (modificado de Mostacedo y Fredericksen 2000, ver Figura 10).

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 potencialmente el crecimiento (en fuste con estrangulamiento y/o más de $\frac{1}{3}$ de la copa cubierta por lianas)

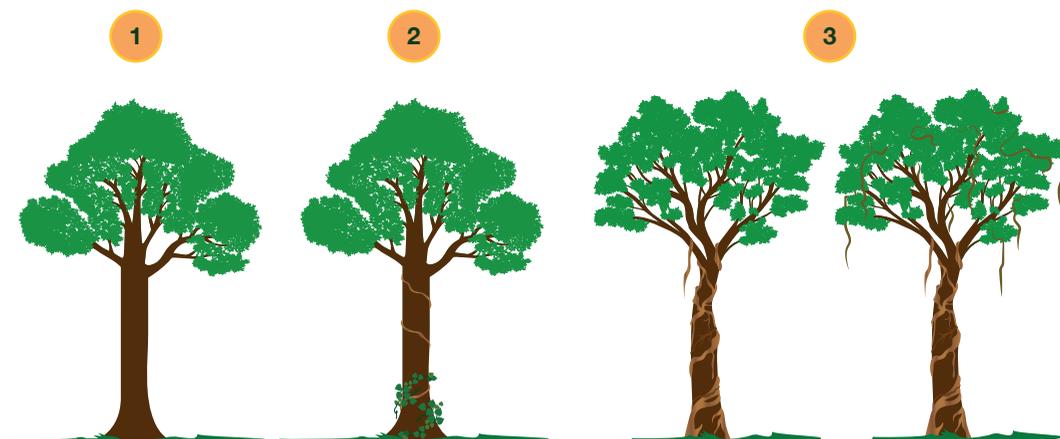


Figura 10. Grados de competencia en copa y fuste por lianas (modificado de Mostacedo y Federicksen 2000)

Muestreo de remanencia

Este muestreo consiste en tomar información de los árboles más grande y viejos, a los que se les denominan como remanentes. Su objetivo es registrar la masa arbórea con un diámetro mayor al DMC definido, que en buena medida constituirá la cosecha actual.

En bosques secundarios los árboles remanentes pueden ser individuos que se encontraban en el sitio antes de su abandono. En bosques degradados pueden ser especies de valor no comercial o especies comerciales que no fueron cosechados por tener alguna limitación, como una deformación o mala condición fitosanitaria. La causa o razón de remanencia (RR) es normalmente registrada utilizando la siguiente escala cualitativa (Quirós 1998, Monroy 2001):

1	Comercial	Árboles que pudieron ser aprovechados en la anterior cosecha pero que por la prescripción silvicultural propuesta se dejaron para mantener la estructura y composición.
2	No comercial	Árboles que pertenecen a especies no comerciales.
3	Potencial	Árboles de especies que por el momento no son consideradas como comerciales, pero que por su forma y dimensiones podrían llegar a ser comerciales en el futuro.
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 que presentan malformaciones, pudriciones o huecos causados por problemas asociados con insectos o enfermedades.

La información que se registra en el muestreo remanente es la siguiente:

Mediciones y/u observaciones del muestreo	Resultados obtenidos del muestreo
a. Diámetro a la altura del pecho b. Causa de remanencia de los árboles con d mayor o igual al DMC	<ul style="list-style-type: none">➤ Registro de los individuos con d mayor o igual al DMC ($d \geq 30$ cm), y la razón por la que es remanente➤ Distribución diamétrica por razón de remanencia (totales ha^{-1})➤ Registro del porcentaje de remanencia por especie (totales ha^{-1})

Pasos para la implementación de los muestreos silvicultural, diagnóstico y de remanencia

Los muestreos silviculturales, diagnóstico y de remanencia se implementan de forma simultánea mediante la siguiente secuencia de pasos:

Paso 1. En cada parcela de 10 m x 10 m se miden todos los individuos con $d \geq 10$ cm; se les anota la especie (nombre común o científico) y se marca cada individuo con pintura.

Paso 2. De las especies comerciales dentro de la parcela se selecciona el DS y se evalúa el grado de iluminación de la copa, la forma de la copa y el grado de competencia por lianas. En caso de no existir un DS se anota la parcela como “vacía”

Paso 3. A todos los árboles dentro de la parcela con $d > \text{DMC}$ ($d \geq 30$ cm) se les evalúa la razón de remanencia.

Un ejemplo de formulario para anotar la información de los muestreos silvicultural, diagnóstico y de remanencia es el siguiente:

Carril	Parcela	Árbol	Especie	<i>d</i> (cm)	DS (1=si; 0=no)	Forma de copa (1 a 5)	Iluminación de copa (1 a 5)	Lianas (1 a 4)	RR (1 a 5)	Observaciones
1	1	1	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	21,4	1	2	3	1		Deseable sobresaliente
1	1	2	Guácimo (<i>Goethalsia meiantha</i>)	28,1	0					
1	1	3	Chilamate (<i>Ficus insipida</i>)	15,7	0					
1	1	4	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	55	0				1	
1	1	5	Guácimo (<i>Goethalsia meiantha</i>)	52,7	0				4	Fuste torcido

 Muestreo Silvicultural

 Muestreo Diagnóstico

 Muestreo de Remanencia

Censo comercial

El censo comercial, también conocido como inventario de existencias, proporciona la información necesaria para planificar el aprovechamiento del bosque. Consiste en el recuento de todos los individuos de las especies comerciales con $d \geq DMC$ de toda el área productiva del bosque.

En el censo comercial se recorre a pie toda el área productiva registrando los individuos comerciales (no se censan árboles de mala forma, dañados o que se ubiquen en un área de protección). Para el recorrido se utilizan los carriles trazados en el inventario forestal (ver Figura 11). Con el censo comercial se pretende establecer la ubicación exacta de cada árbol censado, por ello se deben registrar las coordenadas geográficas de cada individuo, el d y la altura comercial para definir los árboles de cosecha y los remanentes que aseguran la regeneración de las especies.

Durante el conteo se incluyen también especies arbóreas comerciales con características especiales que califican como raras o poco abundantes, y árboles de especies vedadas o restringidas. En el Recuadro 2 se detallan más las definiciones de estas especies consideradas “especiales”.

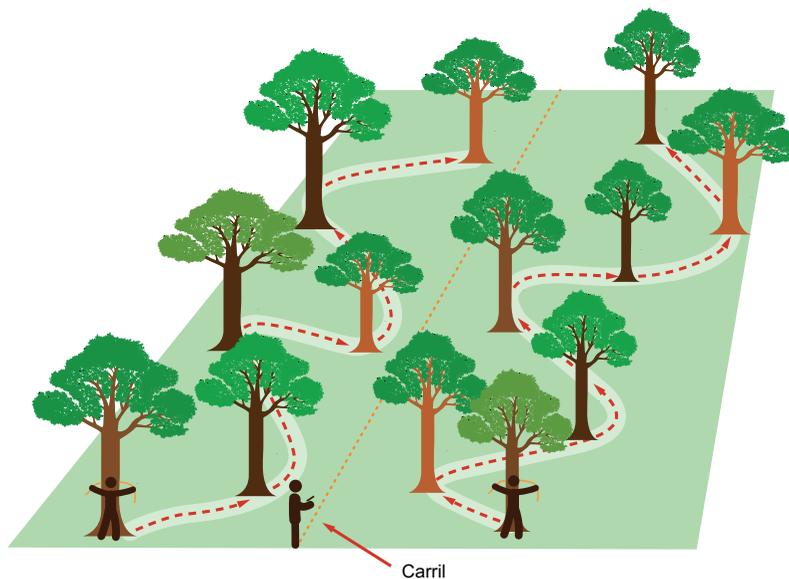


Figura 11. Conteo y registro de especies para el censo comercial en el área productiva

A continuación, se presentan las variables y los resultados del censo comercial:

Mediciones y/u observaciones del censo	Resultados obtenidos del censo
<ul style="list-style-type: none"> a. Especie b. Diámetro a la altura del pecho de los individuos censados con $d \geq DMC$ c. Altura comercial de todas las especies censadas d. Ubicación espacial de los individuos censados (coordenadas geográficas) 	<ul style="list-style-type: none"> › Cuadros y curvas de la distribución de la abundancia, el área basal y volumen por categoría diamétrica por hectárea de todas las especies censadas › Especies raras, vedadas o restringidas del bosque › Lista y número de individuos a cortar por especie › Lista y número de individuos remanentes por especie para futura cosecha › Mapa con la distribución espacial de los árboles censados

Recuadro 2. Especies arbóreas con características especiales a considerar en el censo comercial

Especies arbóreas raras o poco abundantes: son especies con pocos individuos registrados. La legislación forestal en los países normalmente define qué es una especie rara. En Costa Rica, por ejemplo, se considera una especie rara si su abundancia es menor o igual a un árbol cada tres hectáreas (0,3 árboles por hectárea). Estas especies son protegidas por la legislación costarricense y no pueden ser sujetas a aprovechamiento.

Especies arbóreas remanentes: son árboles comerciales que se dejan en el bosque para cosecha futura. Su función es producir semilla para repoblar el bosque una vez que haya sido intervenido. Idealmente, estos individuos remanentes deben estar distribuidos homogéneamente por todo el bosque.

Especies arbóreas vedadas o restringidas: son árboles que se encuentran en algún grado de riesgo de desaparecer. Se encuentran en esta categoría las especies en peligro de extinción y especies amenazadas. Existen listas de especies a nivel nacional y hasta regional que han sido declaradas en peligro y amenazadas de extinción y están protegidas por iniciativas internacionales como la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Los pasos para realizar el censo comercial son los siguientes:

Paso 1. Recorrido del censo. El recorrido se realiza utilizando los carriles abiertos para el inventario forestal. El carril sirve como guía para censar los individuos de cosecha y con características especiales presentes ya que permiten dividir el bosque en franjas que facilitan una mejor visualización de los árboles marcados (ver Figura 11).

Paso 2. Evaluación de los árboles. Cada árbol censado se identifica a nivel de especie, se le mide el d en centímetros y se estima su altura comercial en metros. Además, se evalúa la calidad del fuste siguiendo la siguiente escala sencilla (Sánchez 2013, Figura 12).

1	Fuste recto, sin deformación o enfermedad: proporciona al menos dos trozas cilíndricas de 3,5 metros para aserrío
2	Fuste con sección rolliza aprovechable, puede presentar deformación u bifurcación: proporciona una troza cilíndrica de 3,5 metros para aserrío
3	Fuste retorcido, acanalado, inclinado, hueco o enfermo: no proporciona madera apta para el aserrío

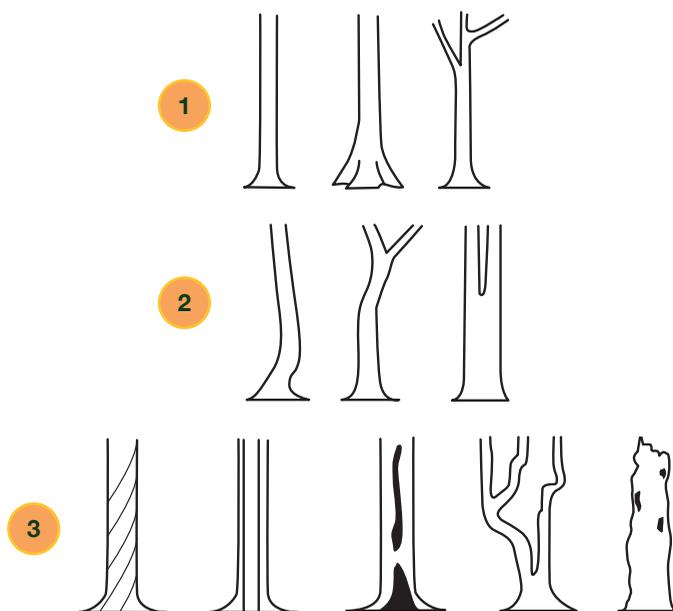


Figura 12. Clasificación de la calidad del fuste (modificado de Sánchez 2013)
Tratamientos silviculturales para bosques secundarios y degradados

Paso 3. Registro de datos. Los árboles se deben identificar con un número único en dos direcciones (dos caras), esto para facilitar la visualización. Es necesario determinar la ubicación espacial de cada árbol (coordenadas geográficas) utilizando el GPS. Los datos del censo se anotan siguiendo el siguiente formato.

N° árbol	Lectura GPS	Especie	<i>d</i> (cm)	Altura comercial (m)	Calidad	Observaciones

3

Tratamientos silviculturales para bosques secundarios y degradados

Los tratamientos silviculturales son operaciones o prácticas diseñadas para conducir la dinámica del bosque de acuerdo a los objetivos del dueño, entre estos la optimización y sostenibilidad de la productividad de madera. Buscan modificar la estructura y composición del bosque y mejorar las condiciones para el establecimiento, crecimiento y sobrevivencia de especies de interés, enfocándose en la competencia por luz, nutrientes y espacio entre árboles (Louman *et al.* 2001, Quirós 2001, Siteo 1992). La aplicación de tratamientos silviculturales puede tomar lugar en cualquier etapa de desarrollo del bosque y puede ser muy efectiva para restablecer las condiciones de bosques degradados.

Un sistema silvicultural es un conjunto de tratamientos que se relacionan entre sí, con el propósito de favorecer la productividad del bosque sin perjudicar su sostenibilidad en el largo plazo. La productividad del bosque depende de la efectiva combinación de tratamientos silviculturales, puesto que un solo tratamiento no garantiza el rendimiento sostenido en el tiempo; así pues, el sistema debe ser ecológicamente viable y económicamente preferible (Wadsworth 1997).

Cosecha o aprovechamiento de madera

La cosecha de madera comercial es considerada como el primer y más importante tratamiento silvicultural. Una adecuada extracción de madera, cuidadosamente planificada y ejecutada, mejora el crecimiento de los árboles remanentes y los árboles de futura cosecha, además de favorecer la regeneración del bosque.

El aprovechamiento de madera en bosques secundarios y degradados se debe llevar a cabo mediante una apropiada planificación, guiada por los muestreos complementarios y el censo comercial. Es necesario definir la masa forestal a extraer y tener un buen control de las actividades de corta y arrastre de trozas (Figura 13).

A continuación se describen las actividades relacionadas a la cosecha o aprovechamiento de madera:

1	Caminos y pistas de extracción	La construcción de caminos y pistas de arrastre para extraer las trozas de madera es clave para reducir impactos al bosque. Una adecuada planificación de caminos considera la distribución de los árboles en las áreas productivas, las fuentes de agua y la topografía del sitio, evitando el tránsito por áreas de fuerte pendiente.
2	Tala dirigida	Se refiere a orientar la caída del árbol hacia una dirección determinada, procurando el menor impacto posible. Su fin es minimizar los daños a la regeneración y a los árboles de futura cosecha.
3	Arrastre de trozas	Se refiere al arrastre controlado de las trozas desde el sitio de corta al patio de acopio. Se realiza mediante tracción animal o mecánica, utilizando tractor y cable.
4	Patios de acopio	Se refiere al área en donde las trozas se colocan o acopian para ser cubicadas y posteriormente ser cargadas al camión para su transporte a aserraderos.

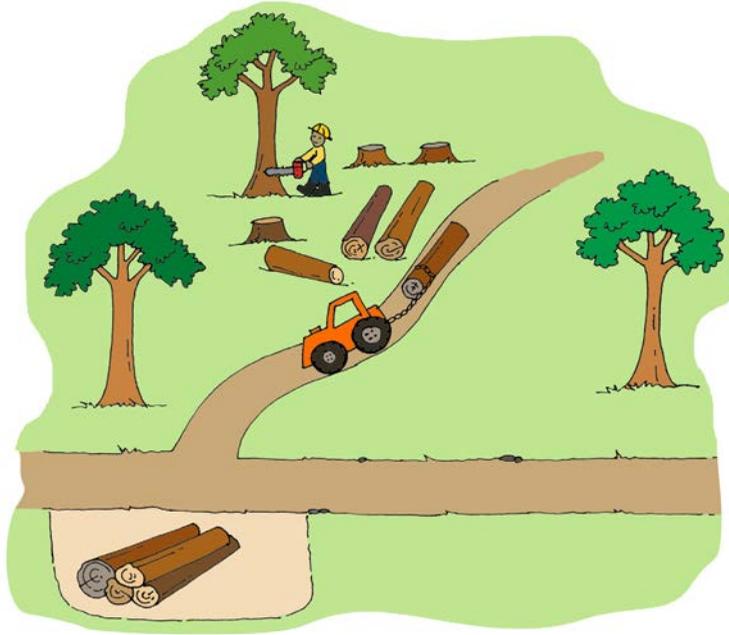


Figura 13. Tratamiento silvicultural de cosecha o aprovechamiento (elaboración propia)

Tratamiento de liberación

La liberación busca estimular el crecimiento de árboles DS, valiosos desde el punto de vista comercial, ya sea por una alta demanda en el mercado, madera de alto valor comercial, o de buena forma. Estos individuos constituyen los árboles de futura cosecha.

Este tratamiento se realiza cuando el DS se encuentra en una situación de competencia desfavorable -principalmente vertical- con un árbol con características no deseables, que le impide recibir iluminación adecuada, o se considera que compite por nutrientes del suelo. Este tratamiento solamente afecta a los individuos seleccionados como no deseables.

La decisión para liberar un DS se toma considerando lo siguiente:

- › **La competencia por luz:** cuando el árbol no deseado impide al DS recibir una buena cantidad de iluminación (competencia vertical).
- › **La competencia por sitio:** árboles muy juntos que pueden generar deformaciones y retraso en el crecimiento por competencia debajo del suelo.

La liberación evalúa el espaciamiento entre individuos, eliminando aquellos que se encuentren cerca de los DS (Wadsworth 1997). Normalmente se establece un radio a partir del DS y se decide eliminar todos los individuos dentro de ese radio que tengan un diámetro definido (por ejemplo ≥ 10 cm).

El muestreo diagnóstico permite determinar el estado de iluminación o competencia de un árbol DS (Hutchinson 1993), reconociendo las condiciones y necesidad para mejorar la iluminación del árbol. La liberación procura poner a disposición del DS una mayor cantidad de luz. Según Hutchinson (1992) las clases de iluminación 3, 4 y 5 indican la necesidad de abrir el dosel para eliminar la competencia por luz (ver Figura 8).

Plantaciones de enriquecimiento

El enriquecimiento es un tratamiento que pretende mejorar la condición del bosque en cuanto a las existencias de maderas valiosas y de interés ecológico. Consiste en introducir especies en el bosque cuando, según datos del muestreo diagnóstico, la cantidad de individuos deseados es insuficiente, por ejemplo, en bosques sobreexplotados (Lamprecht 1990). Las plantaciones de enriquecimiento aumentan la regeneración de especies valiosas en el bosque, utilizando plantas producidas en viveros o recolectadas en otros sitios del bosque.

Dos tipos de especies pueden ser utilizadas para enriquecimiento: especies de rápido crecimiento demandantes de luz, o especies de lento crecimiento tolerantes a la sombra. Si se priorizan especies del primer tipo, entonces se requiere abrir el dosel del bosque para permitir una mayor entrada de luz al piso del bosque. Para estas especies se acostumbra utilizar franjas, siendo el ancho de franja variable, según la especie a plantar (Lamprecht 1990, Quirós 2001). Entre más demandante de luz sea la especie la franja para plantar deberá ser más ancha.

El segundo tipo de especie, al ser tolerante a la sombra, puede ser plantada en sitios más oscuros debajo del dosel o en claros pequeños. Estas especies crecen lentamente bajo la sombra pero logran sobrevivir hasta alcanzar la madurez (Quirós 2001).

Algunas técnicas de enriquecimiento son:

1	Enriquecimiento en fajas	Consiste en la apertura de callejones de ancho variable (3 m, 5 m, 10 m), orientados en dirección este-oeste para captar la mayor iluminación posible. Allí se plantan, espaciadamente, especies de mediano a rápido crecimiento y alto valor comercial.
2	Enriquecimiento en claros	Consiste en plantar especies valiosas aprovechando los espacios de luz que se forman en los claros naturales o bien los claros que surgen de la extracción forestal.
3	Enriquecimiento bajo dosel	Consiste en la corta del sotobosque y la plantación de especies valiosas tolerantes a la sombra bajo la cobertura de las copas de los árboles de dosel

Saneamiento o mejora

Este tratamiento consiste en la eliminación de individuos grandes comerciales y no comerciales a partir de un diámetro preestablecido (Valerio y Salas 1998). Se conoce también como mejora o mejoramiento, pues el principio es extraer los individuos que no cumplen con los estándares de calidad del bosque para producción de madera (Quirós 2001).

Entre los criterios de valoración para eliminar árboles están:

- Árboles con daños internos (p.e. ataques de termitas) y externos que comprometan su desarrollo
- Deformaciones
- Problemas fitosanitarios (árboles enfermos)

Una consideración de interés fundamental al aplicar este tratamiento es dejar algunos árboles de especies de importancia ecológica para ser usados como árboles percha, hospederos y fuentes de alimento por aves, murciélagos, mamíferos arborícolas y otros animales polinizadores y dispersores de semillas (Louman *et al.* 2001, Quesada 2003).

Raleo

El raleo consiste en la eliminación de árboles de especies comerciales y no comerciales que están -o estarán- en competencia con los árboles DS. Va más dirigido a reducir la competencia por espacio lateral, aumentando la disponibilidad de nutrientes a los árboles remanentes (Wadsworth 2000).

Es un tratamiento muy común en bosques coetáneos, como los bosques de coníferas o rodales dominados por una sola especie (Louman *et al.* 2001), donde se extraen los individuos con pocas posibilidades de alcanzar un adecuado tamaño para su comercialización (Figura 14).

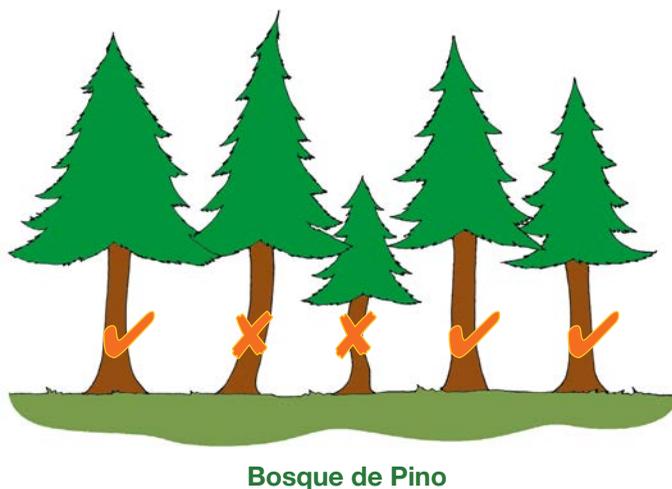


Figura 14. Aplicación del tratamiento silvicultural de raleo en un bosque de pino

Los árboles a favorecer con la aplicación de este tratamiento deben presentar las siguientes características:

- › Ser una especie comercial deseable
- › Tener buena forma de fuste
- › Presentar buen vigor (esta condición se valora por el diámetro y la altura que tiene el árbol con respecto a otros individuos en condiciones similares)
- › Mostrar un copa sana y bien desarrollada
- › Ausencia de daños en el fuste

Corta de lianas

La corta de lianas en el bosque es una práctica común y se justifica por las siguientes razones:

- › Una alta cantidad de lianas puede dificultar el tránsito dentro del bosque
- › Compiten por luz, reduciendo el crecimiento y sobrevivencia de los árboles
- › Pueden producir deformación de copas y fustes (estrangulamiento)
- › Se reduce significativamente el daño por aprovechamiento, contribuyendo al manejo de bajo impacto. Durante la cosecha de un árbol, árboles vecinos conectados por lianas pueden ser derribados o dañados
- › Se disminuye el riesgo de accidentes de los trabajadores forestales

En los bosques a aprovechar, la corta de lianas se realiza antes de la extracción de madera y se deben controlar posibles rebrotes. El muestreo diagnóstico evalúa la presencia de lianas en los DS; con ello se describe la situación de los árboles para recomendar el corte de lianas (ver Figura 15) sobre todo cuando hay mucha presencia de ellas en la copa y fuste del DS (categoría 2 y 3 según la escala propuesta en la Figura 10).

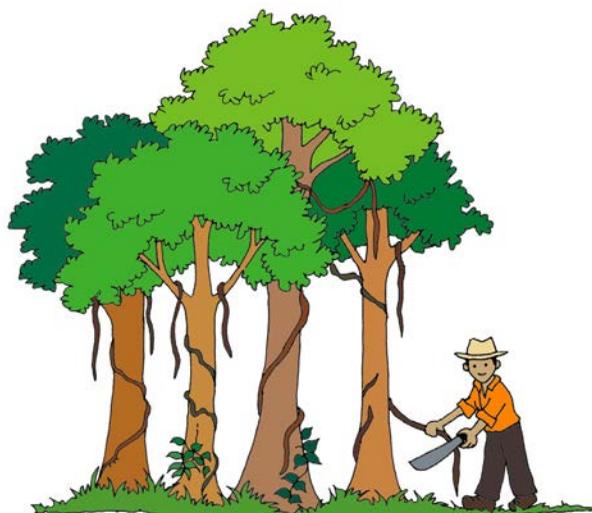


Figura 15. Aplicación del tratamiento silvicultural de corta de lianas

Corta del dosel medio (dosel protector)

Consiste en la remoción de vegetación pequeña del sotobosque. Su aplicación es útil para que la regeneración se desarrolle y su crecimiento aumente. Esta remoción gradual ayuda a controlar la competencia y evita la invasión de enredaderas y malezas que al establecerse encarecen los costos del manejo.

No intervenir el bosque

Una de las alternativas del silvicultor consiste en no aplicar ningún tratamiento silvicultural al bosque. Esta decisión puede basarse en aspectos económicos o técnicos de acuerdo al estado de desarrollo de los bosques. Por ejemplo, en bosques secundarios muy jóvenes o en bosques degradados con poca regeneración comercial, podría plantearse la posibilidad de esperar unos años más para el repoblamiento del sitio. En este caso, se daría un tiempo para analizar los avances en los procesos sucesionales o de restauración para la toma de decisiones (Quesada 2003).

Bibliografía

- Aide, TM; Clark, ML; Grau, HR; López, D; Levy, M; Redo, D; Bonilla, M; Riner, G; Andrade MJ; Muñiz, M. 2012. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica* 45(2):262-271.
- Argotty, F; Herrera, MH; Fernández, J. 2016. Cuantificación de la degradación forestal en Costa Rica: Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal. *In* Armenteras, D; González, TM; Retana, J; Espeleta, JM (eds.). *Degradación de bosques en Latinoamérica: Síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales*. s. l. IBERO-REDD+. p. 34 -36.
- Berti, G. 2001. Estado actual de los bosques secundarios en Costa Rica: perspectivas para su manejo productivo. *Revista Forestal Centroamericana* no. 35:29-34.
- Bolfor (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Bolivia). 2003. *Diámetros Mínimos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Recomendaciones basadas en la investigación forestal*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 11 p.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en un bosque natural tropical: Guía para el establecimiento y medición. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 42).
- Dawkins, HC. 1958. *The management of Tropical High Forest with special reference to Uganda*. University of Oxford, Oxford, United Kingdom. 155 p. (Institute paper No. 34).
- Delgado, LD; Serrano, JJ; Vílchez, S; Morales, JP (eds.). 2018. *Manual para el monitoreo ecológico y productivo en bosques secundarios latifoliados de Mesoamérica*. Turrialba, Costa Rica, CATIE . 49 p. (Serie técnica. Manual técnico no. 143).
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first hundred years of succession. *Trend in Ecology and Evolution* 11(3):119-124.
- Henao, E. 2014. *Potencial socioeconómico del manejo de bosques secundarios latifoliados: tres ejemplos de Centroamérica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 93 p.
- Henao, E; Ordóñez, Y; de Camino, R; Villalobos, R; Carrera, F (eds.). 2015. *El bosque secundario en Centroamérica Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y normativas inadecuadas*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 46 p. (Serie Técnica. Boletín Técnico no. 77).
- Hutchinson, ID. 1992. *Planificación para la silvicultura y el manejo de bosques naturales*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 55 p. (Documento preparado para el V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. 1 de marzo al 7 de abril).
- Hutchinson, ID. 1993. *Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 39 p. (Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 7. Serie Técnica. Informe Técnico no. 204).

- Jennings, SB; Brown, ND; Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* (72)1:59-73.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. Carrillo, A. Eschborn, Germany, GTZ. 335 p.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M (eds). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 265 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- Louman, B; Stanley, S. 2002. Análisis e interpretación de resultados de inventarios. In Orozco, L; Brumér, C (eds.). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 216-248. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 50).
- Lund, HG. 2009. What is a degraded forest? White paper prepared for FAO. Virginia, United States of America, Forest Information Services. 39 p. (On line at http://home.comcast.net/~gyde/2009forest_degrade.doc).
- Monroy, H. 2001. Manual de planificación y ejecución de aprovechamientos forestales en las concesiones comunitarias de Petén. Turrialba, Costa Rica, CATIE/CONAP. 84 p. Serie Técnica. Manual Técnico no. 47).
- Mostacedo, B; Fredericksen, T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia, Editora El País. 81 p.
- Ortiz, E. 2011. Taller sobre lineamientos generales para el diseño del inventario nacional forestal. Memoria. San José, Costa Rica. 68 p.
- Pinelo, G. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo: Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. San José, Costa Rica, WWF/PROARCA. 47 p. (Serie técnica no. 4).
- Prodan, M. 1997. Mensura forestal. San José, Costa Rica, s.e. 586 p.
- Quesada, R. 2003. Muestreo Diagnóstico Instrumento para definir Tratamientos Silviculturales en Bosques Secundarios. (Este texto es una versión original de un documento sometido al XII Congreso Mundial Forestal. Québec, Canadá; ref. 0385 - B4). Disponible en <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0385-B4.HTM>
- Quirós, D. 1998. Muestreos para la prescripción de tratamientos silviculturales en bosques naturales latifoliados: guía de campo. Manejo Forestal Tropical no. 4. 8 p.
- 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. 133-153.
- Redo, D; Grau, HR; Aide, TM; Clark, ML. 2012. Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. *PNAS* 109(23):8839-8844.
- Sánchez, M. 2013. Protocolo de establecimiento y medición de parcelas permanentes de muestreo en bosque natural. San José, Costa Rica. 47 p. (Informe para el Observatorio de Ecosistemas Forestales de Costa Rica –(OEFo-CR)).
- Salamanca, MA. 2017. Determinación de diámetros mínimos de corta simulando la distribución diamétrica para 11 especies de bosque húmedo tropical del sur de Bolívar. Bogotá, Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 86 p.
- Simula, M. 2009. Hacia una definición de degradación de los bosques: Análisis comparativo de las definiciones existentes. Roma, Italia, FAO. Evaluación de los Recursos Forestales, Documento de trabajo no. 154. 63p.
- Sitoe, A. 1992. Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical bajo diferentes intensidades de intervención. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.
- Valerio, J; Salas, C. 1998. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales; manual técnico. Segunda edición corregida y aumentada. Santa Cruz, Bolivia, Bolfor. 77 p.
- Wadsworth, F. 1997. Producción Forestal para América Tropical. Washington, DC., United States of America, USDA/Servicio Forestal. (Manual No. 710).

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).



ISBN: 978-9977-57-710-4

