



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

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



Potencial productivo de cuatro bosques secundarios en América Central y pautas para su manejo silvícola

Marlen Camacho-Calvo
Diego Delgado-Rodríguez
Vladimir Valera Mejías
Juan José Serrano-Molina

Serie Técnica, Informe técnico, no. 427

Potencial productivo de cuatro bosques secundarios en América Central y pautas para su manejo silvícola

Marlen Camacho-Calvo
Diego Delgado-Rodríguez
Vladimir Valera Mejías
Juan José Serrano-Molina

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.

© CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2021.

ISBN 978-9977-57-754-8

634.95

P861 Potencial productivo de cuatro bosques secundarios en América Central y pautas para su manejo silvícola / Marlen Camacho-Calvo... [et al]. – 1ª ed. Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2021.
30 p. : il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 427)

ISBN 978-9977-57-754-8

1. Bosque secundario 2. Ordenación forestal 3. Silvicultura 4. América Central
I. Camacho-Calvo, Marlen. II. Delgado-Rodríguez, Diego III. Valera Mejías, Vladimir
IV. Serrano-Molina, Juan J. V. CATIE VI. Título VII. Serie.

Citación sugerida

Camacho-Calvo, M; Delgado-Rodríguez, D; Valera Mejías, V; Serrano-Molina, J. 2021. Potencial productivo de cuatro bosques secundarios en América Central y pautas para su manejo silvícola. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 30 p. (Serie técnica. Informe técnico / CATIE, no. 427).

Diseño y diagramación:

Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Contenido

Agradecimientos	4
Prólogo	5
Resumen	5
Introducción	6
Metodología	8
Descripción de los sitios en estudio.....	8
Bosque La Lucha, Guatemala	8
Bosque El Roblar, El Salvador.....	9
Bosque Saravia, Estación Experimental Forestal Horizontes, Costa Rica.....	10
Bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica.....	11
Fuentes de información y análisis de datos.....	12
Bosque La Lucha, Guatemala	14
Bosque El Roblar, El Salvador.....	17
Bosque Saravia, EEFH, Costa Rica.....	20
Bosque Florencia, CATIE, Costa Rica	23
Reflexiones sobre los estudios de caso analizados y recomendaciones para su manejo.....	26
Bibliografía	28
Anexo.....	30
Categorías de las variables de valoración del estado actual del bosque.....	30

Agradecimientos

Damos un agradecimiento especial a las personas que facilitaron los procesos de identificación de sitios demostrativos en los países centroamericanos y el trabajo de campo para la toma de datos de inventario y parcelas permanentes. Este es el caso de los señores Obed Hoil, Rudy Bautista y Michel Palencia de la Fundación Defensores de La Naturaleza (DEFENSORES), Cristóbal Benítez de la Asociación Patronato para el Desarrollo de las Comunidades de Morazán y San Miguel (PADECOMSM), Milena Gutiérrez y David Reyes de la Fundación de Parques Nacionales (FPN) y la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), los consultores Ronaldo Maza y José Alberto Aquino, y los funcionarios de CATIE Leonel Coto y Geoffrey Venegas.



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.

Resumen

El proyecto “Desarrollo de modelos de manejo sostenible de bosques secundarios y sus nexos con el financiamiento privado” del CATIE, se propuso encontrar modelos rentables de manejo de bosques secundarios que coadyuven a generar procesos de restauración productivos, reducir la deforestación y generar una economía verde en los países de la región centroamericana. En este documento se evaluó el potencial actual para la producción de madera de cuatro de bosques secundarios de interés para este proyecto, con base en información de la estructura horizontal y la composición florística, para dar recomendaciones para el manejo silvicultural de la masa remanente. El análisis de estos cuatro casos de estudio demostró el carácter particular de los bosques secundarios. El bosque La Lucha presentó potencial productivo centrado en diez especies comerciales, con una masa en estado aceptable, por lo que se consideró que el bosque no requiere de la aplicación de tratamientos silviculturales. El bosque El Roblar mostró un potencial productivo promisorio, basado en tres especies de *Pinus* con alta regeneración en las clases diamétricas menores y en excelentes condiciones de luminosidad, forma de copa, infestación de lianas y forma del fuste, de manera

que se consideró que este bosque no requiere de la aplicación de tratamientos silviculturales poscosecha. El bosque Saravia registró una baja densidad en el conjunto diamétrico ≥ 10 cm, con un alto porcentaje de individuos de *Spondias mombin* (madera liviana y con un mercado muy limitado) y únicamente cuatro especies comerciales con regeneración establecida, lo cual limita marcadamente el potencial productivo de este bosque; además de presentar condiciones deficientes de luz e infestación de lianas. El bosque Florencia fue el que presentó mayor potencial productivo, con poblaciones aceptables de especies de valor comercial, tanto en la regeneración establecida como en los diámetros aprovechables; presentó limitantes en relación a la exposición a la luz y forma de fuste, por lo que se consideró que el manejo de este sitio requiere de la ejecución de un aprovechamiento de bajo impacto, seguido de una evaluación de las nuevas condiciones de luz, con el propósito de realizar la prescripción de tratamientos silviculturales.

Palabras clave: bosque secundario, manejo silvícola, potencial productivo

Introducción

Diversos autores coinciden en que los bosques secundarios son ecosistemas vulnerables al cambio de uso hacia actividades económicamente más productivas a corto plazo

Los altos índices de conversión de bosques para la expansión de actividades agropecuarias que sufrieron los países de la región centroamericana a inicios y mediados del siglo pasado, y el posterior abandono de las tierras por cambios atribuidos principalmente a la dinámica demográfica y socioeconómica, permitieron que un significativo porcentaje de estas tierras dieran paso a la sucesión natural secundaria y con ello a los “bosques nuevos o secundarios” (Aide *et al.* 2013). Estos bosques son considerados como los bosques del futuro por su cada vez más amplia extensión. Según FAO (2020) en Centro América el “bosque regenerado de forma natural” cubre una extensión de 22 millones de hectáreas.

Diversos autores coinciden en que los bosques secundarios son ecosistemas vulnerables al cambio de uso hacia actividades económicamente más productivas a corto plazo (Aide *et al.* 2013, Henao 2015, Ngo-Bieng *et al.* 2021), pero si a estos bosques se les permitiera desarrollarse, pueden aportar una alta diversidad de flora y fauna y proveer servicios ecosistémicos a niveles similar a los bosques maduros (Chazdon 2008). De ahí la importancia de demostrar que estas comunidades vegetales prestan importantes bienes y servicios ecosistémicos, como es la producción de madera, fibra y leña, la recuperación de suelos degradados, la fijación de carbono, la regulación del microclima y la belleza escénica, entre otros, y que lo pueden hacer de manera sostenible en el tiempo por medio del manejo forestal.

Los bosques húmedos secundarios de tierras bajas del neotrópico son comunidades que se desarrollan por etapas (Finegan 1996), siendo las primeras dos (desde el abandono hasta aproximadamente los 30 años de la sucesión) poco productivas, pues están dominadas por especies heliófitas efímeras, de rápido crecimiento y maderas muy livianas con poca demanda en los mercados locales. Los bosques de la tercera y cuarta etapa son normalmente de interés para el manejo forestal, ya que presentan una mayor diversidad de especies comerciales, lo que aumenta el potencial productivo en términos de madera cosechable. El manejo de estos bosques debe enfocarse en asegurar la continuidad de los procesos sucesionales hacia etapas más avanzadas del ecosistema y en aumentar el valor económico para el propietario, así como conservar los servicios ecológicos que brindan a la sociedad.



Por otra parte, aunque las especies en las diferentes etapas de la sucesión secundaria pueden ser predecibles en cuanto a las especies dominantes y la estructura del bosque (Finegan 1996), existe una alta variabilidad a nivel más específico que da como resultado que incluso bosques de la misma edad, en una misma región y bajo condiciones ecológicas similares, muestren rasgos completamente diferentes en su composición florística y dinámica (Norden *et al.* 2015). Como consecuencia es necesario un conocimiento más profundo del bosque sucesional que se desee someter a manejo forestal.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), es una institución que a lo largo de su historia ha apoyado a la región de América Latina y el Caribe (ALC) sentando las bases técnicas y científicas para la restauración y manejo de bosques secundarios y paisajes forestales. En este contexto, el CATIE viene ejecutando desde el año 2017 en cuatro países de Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Honduras y Guatemala), el proyecto “Desarrollo de modelos de manejo sostenible de bosques secundarios y sus nexos con el financiamiento privado”, el cual contó con la financiación de la Iniciativa Climática para el Clima (IKI, por sus siglas

en alemán). Este proyecto tuvo como propósito encontrar modelos rentables de manejo de bosques secundarios para atraer a la inversión privada nacional e internacional que coadyuven a generar procesos de restauración productivos, reducción de la deforestación y una economía verde en los países de la región. Como parte de las acciones del proyecto se instalaron sitios demostrativos de manejo forestal en bosques secundarios latifoliados, dos en Costa Rica y uno en El Salvador, Honduras y Guatemala, con la finalidad de implementar planes de manejo forestal de acuerdo a respectivos estándares nacionales de sostenibilidad de cada país y evaluar los resultados de las intervenciones silvícolas en la biodiversidad y en el potencial productivo de los bosques.

El objetivo del presente documento fue evaluar el potencial productivo actual, para producción de madera, de cuatro bosques secundarios de interés para el proyecto, con base en información de la estructura horizontal y la composición florística reunida por medio de la implementación de muestreos complementarios propuestos por CATIE (Serrano-Molina *et al.* 2021), así como dar recomendaciones para el manejo silvicultural de la masa remanente.

Metodología

Descripción de los sitios en estudio

El proyecto seleccionó cuatro bosques secundarios maduros y con potencial productivo en Guatemala, El Salvador y Costa Rica para la instalación de áreas demostrativas. Estos fueron:

Bosque La Lucha, Guatemala

Este bosque está ubicado en dos fincas contiguas de propietarios privados localizadas en el municipio La Libertad, Departamento de Petén, entre las coordenadas geográficas LN 16°56'33.3" y LO 84°19'17.8" (Figura 1). Está rodeado de cultivos de subsistencia y de bosques de estructura similar. El área total del bosque es de 49,3 ha (26,8 ha y 22,5 ha respectivamente para cada finca), de las cuales 30,6 ha corresponden a áreas productivas (áreas fuera de zonas de protección definidas según las leyes forestales en los países, también se les conoce como "bosque productivo") (18,8 ha y 11,8 ha respectivamente para cada finca). La altitud promedio en el sitio es de 180 msnm, con relieve plano principalmente y ondulaciones mínimas, así como pequeñas áreas de topografía accidentada en la parte nor-este y sur-oeste. La precipitación pluvial promedio anual en el sitio es de 1700 mm, distribuida en aproximadamente 191 días, con mayor precipitación en los meses de junio a octubre. La temperatura máxima es de 31,5°C. La zona de vida en este sitio se clasifica como bosque seco tropical (Holdridge 1978).



Figura 1. Bosque La Lucha, una vista del sotobosque abierto y de árboles de similares dimensiones.
Foto: Juan José Serrano Molina

Bosque El Roblar, El Salvador

El bosque “El Roblar” es propiedad privada; está ubicado en el municipio San Fernando, departamento de Morazán, entre las coordenadas geográficas LN 13° 58’ 40.30” y LO 88° 12’ 04.21” (Figura 2). Comprende un área total de 22,7 ha y un área productiva de 11,9 ha, que engloba un mosaico de bosques naturales de coníferas, mixtos y disetáneos, y robledales puros y asociados con pino. De acuerdo con el Plan de Manejo de El Roblar (Aquino 2019), la edad de esta sucesión secundaria se calcula en 23 años.

La zona de vida en este sitio se clasifica como bosque muy húmedo subtropical transición a húmedo (bmh-S), (Holdridge 1978). Se ubica a 800 msnm, en un terreno principalmente quebrado, con pendientes predominantes del 30 al 60%. La temperatura promedio en esta zona es de 22°C y la precipitación promedio anual alcanza los 2750 mm (MARN 2013).



Figura 2. Bosque El Roblar; detalle de la asociación roble-pino. Foto: Juan José Serrano Molina

Bosque Saravia, Estación Experimental Forestal Horizontes, Costa Rica

El bosque Saravia pertenece a la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), la cual forma parte de la Fundación de Parques Nacionales. Se localiza en la provincia de Guanacaste, cantón de Liberia, distrito de Nacascolo, cerca del poblado El Triunfo, entre las coordenadas geográficas LN 10°44'07" y LO 85°33'09" (Figura 3).

Se trata de un bosque secundario disetáneo, en sucesión medio-tardía, de aproximadamente 50 ha en total y 48 ha de área productiva, rodeado por parches de bosques similares en edad y estructura. La edad de esta sucesión secundaria se calcula en aproximadamente 30 años, considerando que anterior a 1989, año en que se instituyó la EEFH, los terrenos pertenecían a una hacienda, donde se desarrollaba la actividad de ganadería y cultivos extensivos, como el arroz, el sorgo y el algodón (ACG 2021).

El bosque se ubica a 80-90 msnm, en un terreno principalmente plano, con pendientes que no superan el 10% en distancias máximas de 25 m. De acuerdo con la Estación Meteorológica Liberia Oeste 07 (IMN 2021), la precipitación anual promedio es de 1561 mm, distribuidos en 128 días de abril a diciembre; la temperatura máxima es de 33°C y la mínima de 22°C, con un promedio de 27,5°C. La zona de vida en la que se encuentra el área demostrativa se clasifica como bosque seco tropical, según la clasificación de Holdridge (1978).



Figura 3. Bosque Saravia, un árbol de una especie comercial afectado por lianas. Foto:Victor Meza

Bosque Florencia, Turrialba, Costa Rica

Este bosque se encuentra dentro de la propiedad del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), que se localiza en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, entre las coordenadas geográficas LN 9°52'41.09" y LO 83°40'01.6" (Figura 4). De acuerdo con Serrano-Molina (2018), es un bosque secundario disetáneo, en etapa avanzada, de aproximadamente 90 años de edad. El área de este bosque es de 32 ha, con un área productiva de 27,9 ha.

El bosque Florencia se ubica a unos 650 msnm; presenta una topografía ligeramente quebrada, con pendiente promedio de 20% en algunos sectores y de 40% en las partes más quebradas. Con base en la información reportada por la Estación Meteorológica del CATIE (2021), la precipitación promedio mensual en esta zona es de 225 mm y la anual en 2697 mm; la temperatura promedio es de 21,9°C, y la máxima y mínima promedio de 27,5°C y 18,1°C, respectivamente. La zona de vida en la que se encuentra el área demostrativa se clasifica como bosque muy húmedo premontano, según la clasificación de Holdridge (1978).



Figura 4. Vista aérea del bosque secundario Florencia. Nótese la gran cantidad de copas de árboles con los mismos tonos de color, que corresponden a la especie dominante *Goethalsia meiantha*. Foto: Juan José Serrano Molina

Fuentes de información y análisis de datos

Como punto de partida, se revisaron los documentos de los planes de manejo forestal de los cuatro sitios evaluados (Rodríguez y Bartimeo 2019 y Velarde 2019 para La Lucha; Aquino 2019 para El Roblar; Camacho 2020 para Saravia y Serrano-Molina 2018 para Florencia), de los que se extrajo información biofísica de los sitios y de las especies comerciales.

Las bases de datos generadas por los inventarios forestales de estos planes de manejo se utilizaron para establecer el potencial productivo de cada sitio. Este se definió a partir los siguientes tres parámetros: i) la cantidad y la calidad de la madera de las especies comerciales, que determina su uso en el mercado, ii) la abundancia de las poblaciones de especies comerciales susceptibles de cosecha (aquellos individuos que se encuentran sobre el diámetro mínimo de corta, DMC) y iii) la abundancia de la regeneración establecida (individuos en la clase diamétrica 10-19 cm) de las especies comerciales.

Para efectos de este estudio la calidad de la madera para aserrío de las especies comerciales se clasificó considerando las categorías empleadas en el mercado de la madera en Costa Rica (Zúñiga-Méndez 2016):

- Maderas livianas (de menos de $0,36 \text{ g cm}^{-3}$) de bajo valor comercial y con un mercado limitado a la elaboración de formaleta (tablas que sostienen el peso del cemento en una construcción que no está acabada), tarimas (entablado o plataforma colocada a poca altura del suelo) o embalajes (caja o cubierta necesaria para proteger y/o agrupar productos de manera temporal pensando en su manipulación, transporte y almacenamiento)
- Maderas semiduras o moderadamente livianas (entre $0,36-0,42 \text{ g cm}^{-3}$) de valor comercial intermedio, utilizadas para la construcción de productos de mediana o larga duración y de calidad aceptable. Se emplean en carpintería sencilla, construcción interior y rústica por su falta de acabado y/o veteado
- Maderas semiduras o moderadamente pesadas (entre $0,42-0,60 \text{ g cm}^{-3}$) de alto valor comercial, utilizadas en mueblería, pisos, enchapes y construcción estructural, tienen un lindo veteado y/o acabado
- Maderas duras (de más de $0,60 \text{ g cm}^{-3}$) de muy alto valor comercial, usadas en ebanistería fina, parqués, terrazas, columnas o vigas en construcciones costosas.

Los inventarios se realizaron bajo lineamientos estandarizados, descritos por Serrano-Molina *et al.* (2019) y Serrano-Molina *et al.* (2021), con una intensidad de muestreo del 5%. Se evaluó la estructura y la composición florística del bosque completo (mayor o igual a 10 cm de diámetro a la altura del pecho, dap) y de los árboles comerciales con dap mayor o igual a 40 cm, considerado este como el DMC para todos los bosques evaluados. La estructura horizontal se caracterizó por medio del número de árboles (individuos ha⁻¹) y el área basal (m²ha⁻¹) total y por especie; así como las distribuciones diamétricas de estos parámetros para las especies comerciales que alcanzan y superan el DMC. El cálculo del Índice de Valor de Importancia simplificado (IVI's) (Dávila 2010), que integra el número de árboles y el área basal en porcentaje, permitió ordenar las especies por su importancia ecológica.

El estado del bosque, en términos de su potencial de crecimiento y calidad del fuste, se valoró por medio de cuatro variables categorizadas: la exposición de la copa de los árboles a la luz, la forma de la copa, la infestación de lianas y la forma del fuste (ver las categorías de cada variable en el Anexo). Para ello se utilizaron las bases de datos de parcelas permanentes de 50 m x 50 m instaladas en cada sitio para su monitoreo, con los lineamientos de Delgado *et al.* (2018).



Resultados

Bosque La Lucha, Guatemala

Para el conjunto diamétrico ≥ 10 cm (Cuadro 1), este bosque registró 424 individuos ha^{-1} , un área basal de $17,9 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ y una riqueza de 67 especies y 57 géneros en 1,3 ha de muestreo. *Belotia campbellii*, la especie ecológicamente más importante (32% del total de individuos y 26% del IVI), es característica de bosques secundarios jóvenes y presenta madera liviana sin valor comercial local. Para el conjunto diamétrico ≥ 40 cm (Cuadro 1), se encontró un total de 44 individuos ha^{-1} , con un área basal de $8,9 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ y 20 especies, siendo diez de

ellas comerciales. De este total de diez especies comerciales, cinco son de bajo valor comercial (*Ampelocera hottlei*, *Castilla elastica*, *Drypetes brownii*, *Pouteria campechiana* y *Schizolobium parahybum*), cuatro de mediano valor (*Alseis yucatanensis*, *Brosimum costaricanum*, *Dialium guianense* y *Terminalia amazonia*) y una de alto valor comercial (*Astronium graveolens*), aunque solo seis de ellas mostraron más de un individuo por hectárea (ver Cuadro 1). Estas diez especies sumaron 22 individuos ha^{-1} sobre el DMC.

Cuadro 1. Abundancia (N) y área basal (G) por hectárea e Índice de valor de importancia simplificado (IVIs), para las 10 especies de mayor IVI de los conjuntos diamétricos ≥ 10 cm y ≥ 40 cm. Bosque La Lucha, Petén, Guatemala

Nombre científico	N	N%	G	G%	IVIs
Dap ≥ 10 cm					
<i>Belotia campbellii</i>	133,8	31,6	3,8	21,2	26,4
<i>Drypetes brownii</i>	31,5	7,4	2,1	11,7	9,5
<i>Brosimum costaricanum</i>	8,5	2,0	1,5	8,5	5,3
<i>Dialium guianense</i>	12,3	2,9	1,3	7,5	5,2
<i>Spondias mombim</i>	16,9	4,0	0,7	3,7	3,8
<i>Bursera simaruba</i>	13,1	3,1	0,4	2,2	2,6
<i>Calyptanthes millspaughii</i>	14,6	3,4	0,3	1,7	2,6
<i>Schizolobium parahybum</i>	6,2	1,5	0,6	3,5	2,5
<i>Alseis yucatanensis</i>	11,5	2,7	0,4	2,1	2,4
<i>Didymopanax morototoni</i>	9,2	2,2	0,5	2,6	2,4
Otras 57 especies	166,2	39,2	6,3	35,3	37,3
Total	423,8	100,0	17,9	100,0	100
Dap ≥ 40 cm					
<i>Brosimum costaricanum</i>	6,7	15,0	1,7	19,1	17,06
<i>Dialium guianense</i>	6,7	15,0	1,6	17,6	16,30
<i>Drypetes brownii</i>	6,7	15,0	1,3	14,4	14,69
<i>Schizolobium parahybum</i>	3,3	7,5	0,6	6,7	7,08
<i>Castilla elastica</i>	3,3	7,5	0,5	5,6	6,56
<i>Ampelocera hottlei</i>	2,2	5,0	0,4	4,4	4,71
<i>Pouteria campechiana</i>	1,1	2,5	0,3	3,5	3,01
<i>Astronium graveolens</i>	1,1	2,5	0,3	3,3	2,89
<i>Terminalia amazonia</i>	1,1	2,5	0,3	3,3	2,89
<i>Alseis yucatanensis</i>	1,1	2,5	0,2	1,7	2,11
Otras 10 especies	11,1	25,0	1,8	20,4	22,7
Total	44,4	100,0	8,9	100,0	100

Con el fin de evaluar las poblaciones de las especies susceptibles de cosecha (diez especies comerciales con individuos que alcanzan y superan el DMC), se analizó la distribución diamétrica de la abundancia a partir de los 10 cm de dap. El resultado se presenta en la Figuras 5A y 5B, separando estas especies de acuerdo con su temperamento, con base en los listados de SIREFOR (2016). Las especies de la Figura 5A son esciófitas, y de ellas, únicamente *D. brownii* registró alta abundancia en la regeneración establecida, seguida por *D. guianense*, aunque las otras dos especies también contaron con regeneración establecida. Las especies de la Figura 5B son heliófitas durables, o efímera para el caso de *S. parahybum*, y todas ellas presentaron distribuciones en forma de campana o con vacíos en algunas clases, condición típica de las distribuciones diamétricas en este tipo de especies, lo que no permite asegurar un reclutamiento exitoso a través del tiempo.

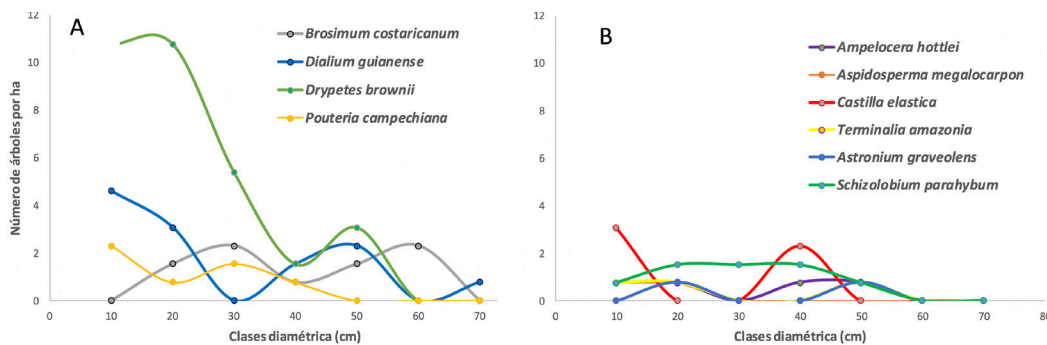


Figura 5. Distribución de la abundancia por clases diamétricas del número de árboles de las diez especies más abundantes en el conjunto diamétrico ≥ 40 cm (5A especies esciófitas y 5B especies heliófitas). Bosque La Lucha, Petén, Guatemala.

Con respecto a las variables que califican el estado de los individuos de las especies comerciales (Figura 6), este bosque presentó solo el 20% de copas con deficiencias de luz (luz parcial u oblicua), la mayor parte de ellos concentrados en los fustes de la primera clase diamétrica (10-19 cm). Con respecto a la forma de la copa, únicamente el 4% presentó copas con formas pobres o muy pobres. El 95% de los individuos comerciales estaban libres de lianas en su fuste y copa y el 50% mostraron fustes sin defectos, el 36% con una troza sin defectos y el 14% con fustes defectuosos.

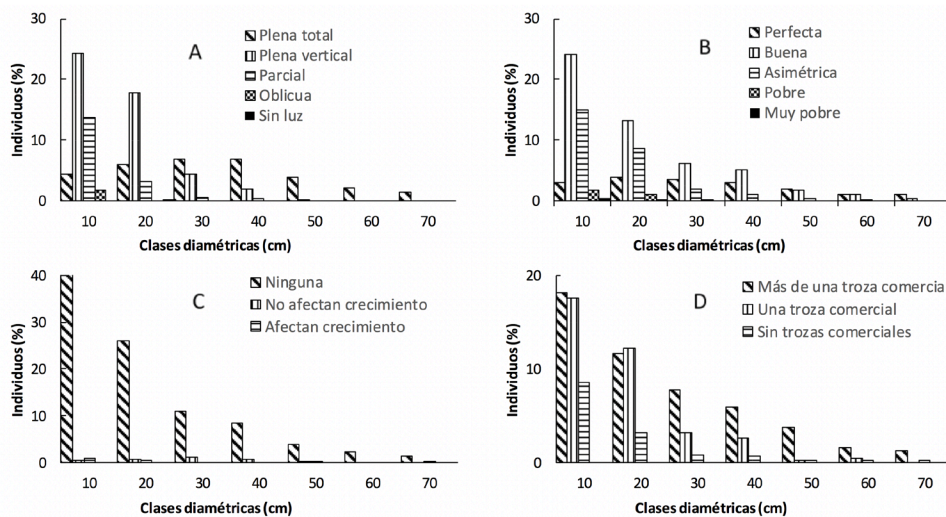


Figura 6. Distribución de la abundancia porcentual por clases diamétricas de la exposición a la luz (A), forma de la copa (B), infestación de lianas (C) y forma del fuste (D), de las especies comerciales. Bosque La Lucha, Petén, Guatemala

El manejo de este bosque en particular se debe restringir a las diez especies comerciales mencionadas en las Figuras 5A y 5B y, de ser posible, concentrarlo en las cuatro esciófitas de la Figura 5A que presentaron una regeneración establecida (especialmente *D. brownii* y *D. guianense*), así como en *A. hottlei* y *S. parahybum* (Figura 5B). El resto de las especies registraron muy pocos o ningún individuo en las clases diamétricas inferiores al DMC, lo que podría sugerir que mantienen poblaciones frágiles.

Se proponen dos escenarios de aprovechamiento de este bosque: 1) partiendo de la cantidad total de individuos de especies comerciales sobre 40 cm de dap (todas las especies de la Figura 5A y 5B, 22 individuos ha⁻¹ en conjunto), se recomienda limitar la extracción a 11 fustes ha⁻¹ con dap \geq 40 cm; y 2) considerando solo a las especies comerciales con mayor cantidad de individuos en los diámetros inferiores al DMC (*D. brownii*, *D. guianense*, *B. costaricanum*, *P. campechiana*, *A. hottlei* y *S. parahybum*, con 13 individuos ha⁻¹ en conjunto), la intensidad de cosecha recomendada sería de cinco individuos ha⁻¹. Una extracción mayor en ambos escenarios podría conducir a la apertura de grandes claros que serían ocupados por individuos de la heliófita efímera *B. campbelli*, actualmente sin valor comercial local.

Con base en los resultados del análisis del estado de los individuos (Figura 6), no se considera necesario someter a este bosque a tratamientos silviculturales, ya sea que se ejecute o no un aprovechamiento comercial.



Bosque El Roblar, El Salvador

Para el conjunto diamétrico ≥ 10 cm (Cuadro 2), este bosque registró por hectárea 452 individuos y un área basal de 17,5 m². Un total de 15 especies y 11 géneros fueron registradas en una hectárea de muestreo, siendo las especies más importantes *Quercus elliptica* (28% del IVI), *Pinus maximinoi*, *P. tecunumanii* y *P. oocarpa* (cada una de ellas con un rango de IVI entre 18 a 19%). Para el conjunto diamétrico ≥ 40 cm de dap (Cuadro 2), este bosque se encuentra dominado por cinco especies, todas ellas comerciales: los tres pinos mencionados anteriormente, *Q. elliptica* y *Q. skinneri*. Estas cinco especies presentaron en total 24 individuos ha⁻¹ con un área basal de 4,4 m² ha⁻¹.

Cuadro 2. Abundancia (N) y área basal (G) por hectárea e Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) para las 10 especies de mayor IVI de los conjuntos diamétricos ≥ 10 cm, y para las cinco especies que sobrepasaron un dap ≥ 40 cm. Bosque El Roblar, El Salvador

Nombre científico	N	N%	G	G%	IVIs
Dap ≥ 10 cm					
<i>Quercus elliptica</i>	166	36,7	3,3	19,0	27,8
<i>Pinus maximinoi</i>	62	13,7	4,5	25,4	19,6
<i>Pinus tecunumanii</i>	76	16,8	3,7	20,9	18,8
<i>Pinus oocarpa</i>	60	13,3	4,0	22,7	18,0
<i>Quercus skinneri</i>	38	8,4	1,1	6,3	7,4
<i>Zyzygium jambos</i>	29	6,4	0,6	3,5	5,0
<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	1,3	0,1	0,5	0,9
<i>Curatella americana</i>	6	1,3	0,1	0,4	0,9
<i>Genipa americana</i>	3	0,7	0,1	0,4	0,5
<i>Anacardium occidentale</i>	1	0,2	0,0	0,2	0,2
Otras 5 especies	5	1,2	0,0	0,8	0,9
Total	452	100,0	17,6	100,0	100,0
Dap ≥ 40 cm					
<i>Pinus oocarpa</i>	8	33,3	1,7	38,5	35,9
<i>Pinus maximinoi</i>	9	37,5	1,4	33,1	35,3
<i>Pinus tecunumanii</i>	5	20,8	1,0	21,8	21,3
<i>Quercus elliptica</i>	1	4,2	0,1	3,0	3,6
<i>Quercus skinneri</i>	1	4,2	0,2	3,6	3,9
Total	24	100,0	4,4	100,0	100,0

La distribución del número de individuos por clases diamétricas de las dos especies de *Quercus* (Figura 7A), permite observar la alta abundancia de *Q. elliptica*, una especie del subdosel que no alcanza grandes diámetros en su madurez, y de *Q. skinnerii*, una especie que puede alcanzar el dosel, con ejemplares de grandes dimensiones en su madurez. La primera representó alrededor del 56% del total de individuos en la clase diamétrica 10-19 cm y la segunda registró una población abundante en las clases diamétricas inferiores al DMC. Ambas especies reportaron solo un individuo ha^{-1} mayor a 40 cm de dap en este bosque.

Para las tres especies de *Pinus* (Figura 7B), la distribución por clases diamétricas mostró una alta regeneración para todas ellas y, siendo los pinos especies heliófitas, ello sugiere que el bosque mantiene un dosel abierto. La menor cantidad de regeneración de *P. maximinoi* podría deberse a los requerimientos de sitio de esta especie, la cual no prospera bien en pendientes mayores de 50% o sitios pedregosos (INAB 2019), los cuales predominan en este sitio (Aquino 2019). En conjunto, estas tres especies de pino en El Roblar presentaron una población de 22 individuos por ha^{-1} sobre el DMC, susceptibles de cosecha.

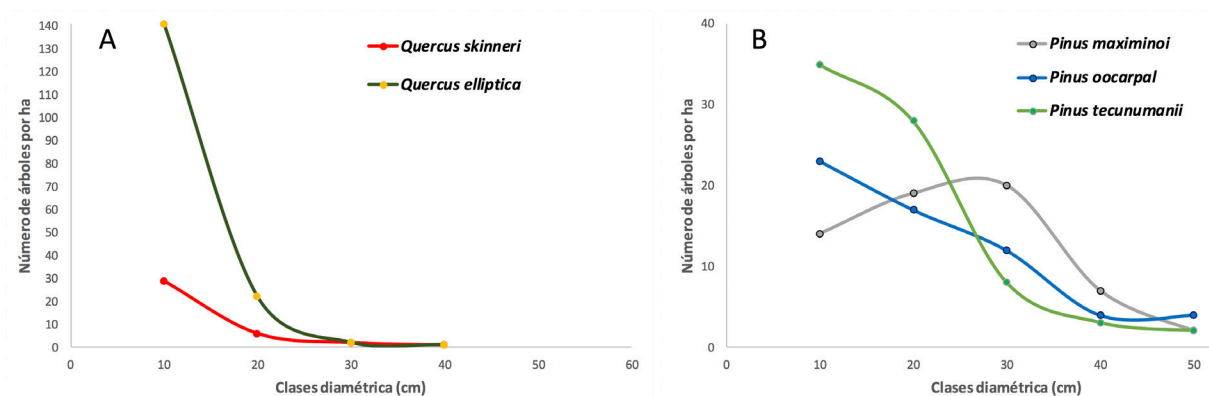


Figura 7. Distribución de la abundancia por clases diamétricas de las dos especies de encinos (7A) y de las tres especies de pinos (7B). Bosque El Roblar, El Salvador

El 88% de los árboles de las especies de pino registraron copas con plena exposición a la luz, el 94% presentó copas perfectas o buenas, el 99% estaba libre de lianas y el 94% tenía fustes rectos y sin defectos (Figura 8), lo que indica que estas especies muestran poblaciones en un estado excelente para su manejo.

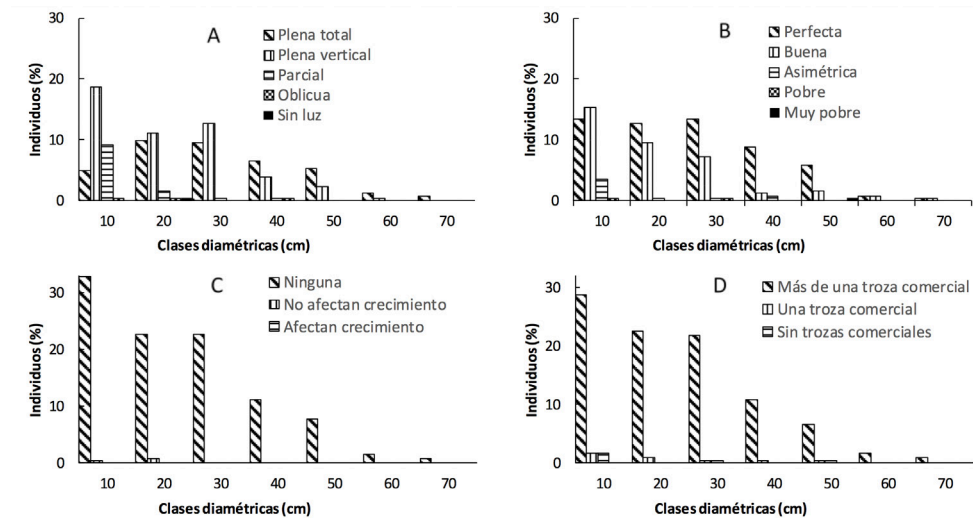


Figura 8. Distribución de la abundancia porcentual de tres especies de pino por clases diamétricas de la exposición a la luz (A), forma de la copa (B), infestación de lianas (C) y forma del fuste (D). Bosque El Roblar, El Salvador

El manejo silvicultural de este bosque debe enfocarse en disminuir la población de *Q. elliptica*, con el propósito de crear espacios de establecimiento o de desarrollo de individuos de las otras especies; el producto obtenido puede utilizarse para la producción de leña o carbón, en el mercado local. La población de *Q. skinnerii* debe conservarse, pues es la más escasa entre las especies comerciales de este bosque y se encuentra en la lista roja de especies vulnerables de la IUCN en la categoría NT (casi amenazada) (Zedan 2004).

La cosecha de madera puede concentrarse en los individuos de mayor diámetro de las tres especies de pino, en especial de *P. tecunumanni*, que presentó la regeneración más exitosa, a juzgar por su distribución diamétrica (Figura 7B). La cantidad de árboles a extraer de cada una de estas especies debería estar limitada por sus exigencias reproductivas: ¿cuántos árboles en estado maduro deben permanecer en el bosque para asegurar el establecimiento de una regeneración exitosa?; y a la vez ¿cuántos árboles pueden extraerse para permitir la creación de suficientes claros, dado el temperamento heliófito de estas especies, sin que el sitio sea invadido por heliófitas con bajo valor comercial, como la efímera *Cecropia*, ya presente en este bosque?. La respuesta a estas interrogantes debe basarse en un conocimiento profundo del ciclo de vida de estas especies y de las posibles heliófitas que puedan invadir el sitio. Una posible solución sería seguir la práctica conservadora de extraer un máximo del 50% de la masa disponible, dejando en pie individuos de buena forma y bien distribuidos espacialmente como semilleros.

Al igual que en el caso del bosque La Lucha, el análisis del estado de los individuos de este bosque (Figura 8), permitió concluir que no es necesario someterlo a tratamientos silviculturales, ya sea que se ejecute o no un aprovechamiento comercial.

Bosque Saravia, EEFH, Costa Rica

Este bosque registró un promedio de 297 individuos ha⁻¹ y un área basal de 16,5 m² ha⁻¹ para individuos ≥ 10 cm de dap (Cuadro 3), pertenecientes a 57 especies y 49 géneros en una superficie de muestreo de 2,3 ha. Dos especies, *Spondias mombin* y *Guazuma ulmifolia*, fueron las más importantes (23% y 11% del IVI, respectivamente). Para el conjunto diamétrico ≥ 40 cm, se encontraron 31 individuos ha⁻¹ y un área basal de 8,2 m² ha⁻¹, en 19 especies (Cuadro 3). Un total de 23,5 individuos ≥ 40 cm de dap ha⁻¹ fueron de especies comerciales, y de ellos el 50% pertenecieron a *S. mombin*, una especie de madera moderadamente liviana, de bajo valor comercial y con un mercado local muy limitado, debido a que es muy susceptible a la pudrición por hongos (pudrición blanca y parda) y al ataque de termitas, además de que la savia mancha rápidamente la madera expuesta (Francis 2000).

Cuadro 3. Abundancia (N) y área basal (G) por hectárea e Índice de valor de importancia simplificado (IVIs), para las 10 especies de mayor IVI de los conjuntos diamétricos ≥ 10 cm y ≥ 40 cm. Bosque Saravia, EEFH, Costa Rica

Nombre científico	N	N%	G	G%	IVIs
Dap ≥ 10 cm					
<i>Spondias mombin</i>	50,4	17,0	4,9	29,7	23,3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	37,8	12,7	1,5	9,1	10,9
<i>Lonchocarpus felipei</i>	31,3	10,5	0,7	4,2	7,3
<i>Samanea saman</i>	4,8	1,6	1,4	8,7	5,2
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	13,5	4,5	0,9	5,6	5,1
<i>Cordia bicolor</i>	23,0	7,7	0,4	2,4	5,1
<i>Handroanthus ochraceus</i>	13,5	4,5	0,4	2,3	3,4
<i>Albizia niopoides</i>	9,6	3,2	0,5	3,1	3,1
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10,0	3,4	0,4	2,7	3,0
<i>Bursera simaruba</i>	9,1	3,1	0,4	2,7	2,9
Otras 47 especies	94,3	31,8	4,9	29,7	30,7
Total	297,4	100,0	16,5	100,0	100,0
Dap ≥ 40 cm					
<i>Spondias mombin</i>	12,2	39,4	2,7	33,4	36,4
<i>Samanea saman</i>	3,0	9,9	1,4	16,6	13,2
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1,3	4,2	0,7	8,5	6,4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,2	7,0	0,4	4,5	5,8
<i>Maclura tinctoria</i>	1,7	5,6	0,5	5,8	5,7
<i>Sterculia apetala</i>	1,3	4,2	0,5	6,1	5,1
<i>Bombacopsis quinata</i>	1,7	5,6	0,3	4,1	4,9
<i>Cedrela odorata</i>	0,9	2,8	0,3	4,0	3,4
<i>Bursera simaruba</i>	1,3	4,2	0,2	2,5	3,4
<i>Albizia niopoides</i>	0,9	2,8	0,3	3,1	3,0
Otras 9 especies	4,3	14,1	0,9	11,5	12,8
Total	30,9	100,0	8,2	100,0	100,0

Únicamente *A. niopoides*, *L. felipei*, *L. rugosus* y *S. mombin* presentaron abundante regeneración establecida (Figura 9A). *M. tinctoria*, *S. saman* y *S. apetala* registraron pocos individuos en las primeras clases diamétricas; mientras que para *B. quinata*, *C. odorata* y *E. cyclocarpum*, la regeneración fue casi inexistente, con menos de un individuo ha^{-1} en este bosque (Figura 9B). Posiblemente, los individuos registrados de estas últimas seis especies fueron remanentes que se desarrollaron en las áreas de potrero abandonado, que fue el uso anterior de estos terrenos.

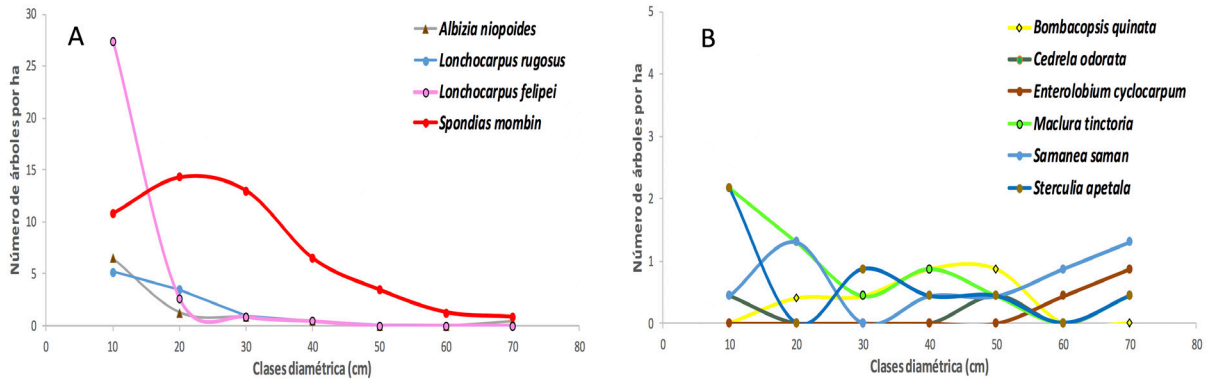


Figura 9. Distribución de la abundancia por clases diamétricas del número de árboles de las diez especies comerciales más abundantes en el conjunto diamétrico ≥ 40 cm: 9A) especies con abundante regeneración y 9B) especies con baja regeneración. Bosque Saravia, EEFH, Costa Rica

En la Figura 10 se presenta la distribución de la abundancia porcentual por clases diamétricas de la exposición a la luz, forma de la copa, infestación de lianas y forma del fuste para este bosque.

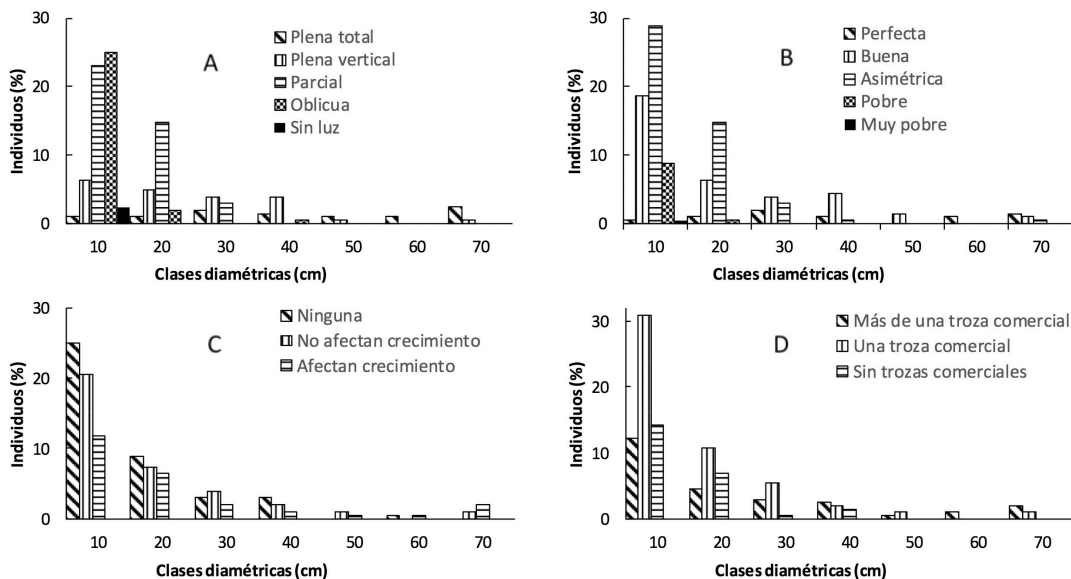


Figura 10. Distribución de la abundancia porcentual por clases diamétricas de la exposición a la luz (A), forma de la copa (B), infestación de lianas (C) y forma del fuste (D). Bosque Saravia, EEFH, Costa Rica

Para las especies comerciales, se encontró que el 24% de los individuos mostraron una buena exposición a la luz (plena total o plena vertical), el 43% con exposición parcial y el 32% con exposición pobre (luz oblicua o sin luz) y estaban especialmente concentrados en la clase diamétrica 10 a 19 cm. El 36% de estos individuos mostraron copas aceptables (perfecta o buena), el 52% copas asimétricas y el 12% copas pobres o muy pobres. El 42% de estos árboles estaban libres de lianas, el 30% presentó lianas en el fuste y/o copa que no afectaban su crecimiento y el restante 28% estaba infestado de lianas en el fuste y/o en la copa que afectaban su crecimiento. Fustes sin defectos se registraron en el 28% de estos individuos, fustes con una troza comercial se presentó en el 48% de ellos, y el 24% restante mostraron un fuste defectuoso que afectaba la calidad de la madera, lo cual podría estar asociado a la alta presencia de lianas.

Como lo mencionan Hernández *et al.* (2007), las lianas compiten por luz, agua y nutrientes con los árboles hospederos y adyacentes, tienen un impacto significativo sobre el crecimiento y calidad del fuste de la vegetación arbórea y dificultan las labores de volteo y extracción de madera. La corta indiscriminada de árboles en bosques puede conducir a una mayor proliferación de lianas. En este bosque, las lianas representan un desafío silvicultural a resolver, pues su presencia es significativa, y posiblemente estén afectando la calidad de los fustes. Por ello, de manera general se recomienda únicamente la eliminación de lianas gruesas (posiblemente mayor a un centímetro de diámetro) presentes en árboles de especies comerciales, para evitar o detener daño al fuste. El corte indiscriminado de otras lianas debería estar apoyado por un mayor conocimiento de las especies presentes en el sitio y de su ciclo reproductivo.

Para este bosque no se considera conveniente realizar tratamientos silviculturales como la liberación (anillamiento de árboles de clases diamétricas superiores, de especies no comerciales que afectan la disponibilidad de luz de árboles de especies comerciales) o el refinamiento (anillamiento de árboles de clases diamétricas inferiores, de especies no comerciales, con el objetivo de reducir la densidad del rodal), ya que cuenta con una abundancia relativamente baja (297 árboles ha⁻¹ con dap \geq 10 cm) en comparación con otros bosques secos secundarios de Guanacaste (por ejemplo: entre 529 y 555 árboles ha⁻¹ con dap \geq 10 cm, según Hernández *et al.* 2013). La extracción de individuos sin fines de aprovechamiento podría aumentar la población de heliófitas efímeras, especialmente de *C. vitifolium* y de lianas.

De realizarse un aprovechamiento con fines comerciales, se debe asegurar un mercado para la especie *Spondias mombin*, pues esta conforma la mitad de la masa sobre el DMC. De otra forma, la extracción recaería principalmente sobre los árboles remanentes de *C. odorata*, *E. cyclocarpum*, *S. saman* y *B. quinatum*, lo que empobrecería el rodal.

Bosque Florencia, CATIE, Costa Rica

En Florencia se registró un total de 457 individuos ha^{-1} y un área basal de $22,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para el conjunto diamétrico $\geq 10 \text{ cm}$ de dap (Cuadro 4), pertenecientes a 71 especies de 65 géneros, encontrados en una superficie de muestreo de 1,6 ha. Un grupo de especies bajo el género *Ocotea*, así como *Goethalsia meiantha* y *Cordia alliodora*, obtuvieron los porcentajes más alto de IVIs.

Para árboles $\geq 40 \text{ cm}$ de dap (Cuadro 4), este bosque se encuentra dominado por 19 especies, con 42 individuos ha^{-1} y un área basal de $9,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. De este conjunto de especies, al menos diez presentaron algún valor comercial, con 31 individuos ha^{-1} , de los que 11 pertenecieron a *G. meiantha*, una especie de bajo valor comercial, con mercado en la industria del embalaje. Las restantes nueve especies comerciales representaron alrededor de 20 individuos ha^{-1} .

Cuadro 4. Abundancia (N) y área basal (G) por hectárea e Índice de valor de importancia simplificado (IVIs), para las 10 especies de mayor IVI de los conjuntos diamétricos $\geq 10 \text{ cm}$ y $\geq 40 \text{ cm}$. Bosque Florencia, CATIE, Costa Rica

Nombre científico	N	N%	G	G%	IVIs
Dap $\geq 10 \text{ cm}$					
<i>Ocotea</i> spp.	54,4	11,9	2,5	11,2	11,6
<i>Goethalsia meiantha</i>	31,5	6,9	3,5	15,9	11,4
<i>Cordia alliodora</i>	21,2	4,6	2,9	12,9	8,8
<i>Virola sebifera</i>	27,8	6,1	1	4,7	5,4
<i>Celtis schippii</i>	17,5	3,8	1	4,6	4,2
<i>Annona papilionella</i>	10,9	2,4	1,3	5,7	4
<i>Castilla elastica</i>	18,8	4,1	0,5	2,2	3,1
<i>Erythrina poeppigiana</i>	10,3	2,3	0,8	3,5	2,9
<i>Guarea grandifolia</i>	10,3	2,3	0,7	3,3	2,8
<i>Croton schiedeianus</i>	18,1	4	0,3	1,2	2,6
Otras 61 especies	235,3	51,6	7,7	34,9	43,2
Total	456,1	100,0	22,2	100,0	100,0
Dap $\geq 40 \text{ cm}$					
<i>Goethalsia meiantha</i>	10,9	25,7	2,4	24,2	24,9
<i>Cordia alliodora</i>	7,9	18,6	2,0	20,6	19,6
<i>Annona papilionella</i>	4,2	10,0	1,1	11,0	10,5
<i>Celtis schippii</i>	3,0	7,1	0,6	6,1	6,6
<i>Erythrina poeppigiana</i>	2,4	5,7	0,4	4,3	5,0
<i>Ocotea</i> spp.	1,8	4,3	0,4	3,9	4,1
<i>Simarouba amara</i>	1,8	4,3	0,3	2,7	3,5
<i>Guarea grandifolia</i>	1,8	4,3	0,4	3,6	4,0
<i>Carapa guianensis</i>	1,2	2,9	0,4	4,1	3,5
<i>Lonchocarpus</i> sp.	1,2	2,9	0,2	2,4	2,6
Otras 9 especies	6,1	14,3	1,6	16,9	15,6
Total	42,3	100,0	9,8	100,0	100,0

Como se observa en la Figura 11A, el grupo de las *Ocotea*, *G. meiantha* y *C. alliodora* registraron alta abundancia en las clases diamétricas inferiores al DMC, lo que asegura la sobrevivencia de estas especies bajo un manejo apropiado. Estas tres especies son aceptadas en el mercado nacional, tanto las *Ocotea* (iras) como *C. alliodora* (laurel), son especies de maderas semiduras muy apreciadas en la industria de la construcción y en ebanistería, y *G. meiantha*, aunque de bajo valor comercial, es utilizada en la industria del embalaje o como madera para formaleta. *A. papilionella* y *C. schippii* presentaron importante regeneración, aunque pocos individuos en las clases sobre el DMC, siendo la primera aceptada en la industria del embalaje y la segunda una especie desconocida en el mercado nacional. Las otras cinco especies que se presentan en la Figura 11B, tienen restricciones para el aprovechamiento: *G. grandifolia* y *S. amara* mostraron valores importantes en la regeneración establecida, no así en el resto de las clases diamétricas, lo que permitiría aprovechar cierto porcentaje (el 50% por ejemplo) de árboles sobre el DMC; *C. guianensis*, la especie con mayor valor comercial en este bosque, registró muy pocos individuos en todas las clases diamétricas, por lo que no se recomienda su aprovechamiento. Las dos especies restantes, con diámetros iguales o mayores al DMC (*Lonchocarpus* sp. y *E. poeppigiana*), no tienen valor comercial en el mercado nacional, o poseen muy pocos individuos con diámetros aprovechables.

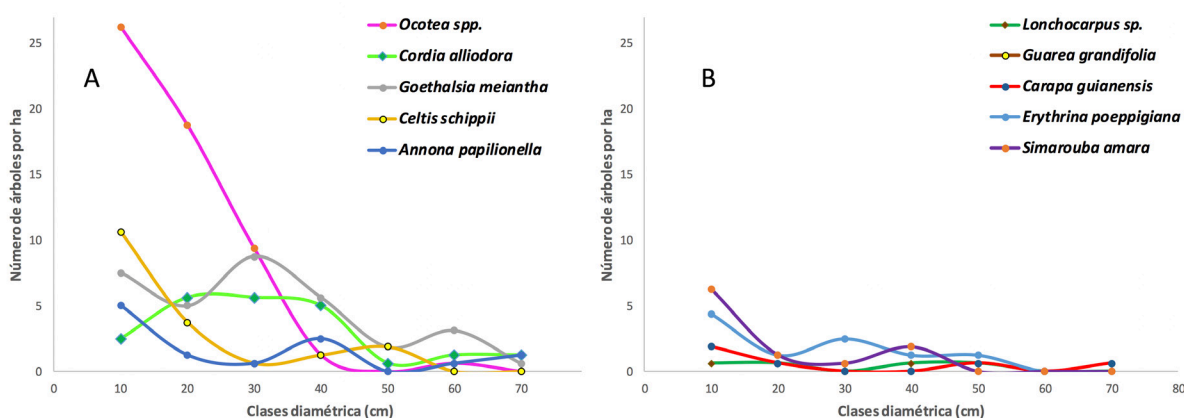


Figura 11. Distribución de la abundancia por clases diamétricas del número de árboles de las diez especies comerciales más abundantes en el conjunto diamétrico ≥ 40 cm: 11A) especies abundantes en las clases inferiores al DMC y 11B) especies poco abundantes en clases inferiores al DMC. Bosque Florencia, CATIE, Costa Rica

Para las especies comerciales de este bosque, se encontró que el 39% de los individuos mostraron una buena exposición a la luz (plena total o plena vertical), el 23% con exposición parcial y el 37% con exposición pobre (luz oblicua o sin luz), estos últimos en las clases diamétricas 10 a 29 cm (Figura 12). El 69% de los individuos comerciales mostraron copas aceptables (perfectas o buenas), el 19% copas asimétricas y el 13% copas pobres o muy pobres. El 69% de estos árboles estaban libres de lianas, el 19% presentó lianas en el fuste y/o copa que no comprometían el crecimiento y el restante 12% estaba infestado de lianas en el fuste y/o en la copa que comprometían el crecimiento, especialmente individuos de las dos primeras clases diamétricas. Fustes sin defectos se registraron en el 37% de estos individuos, con una troza sin defectos en el 40% de ellos, y con un fuste defectuoso que afectaba la calidad de la madera en el 23% de los casos (Figura 12).

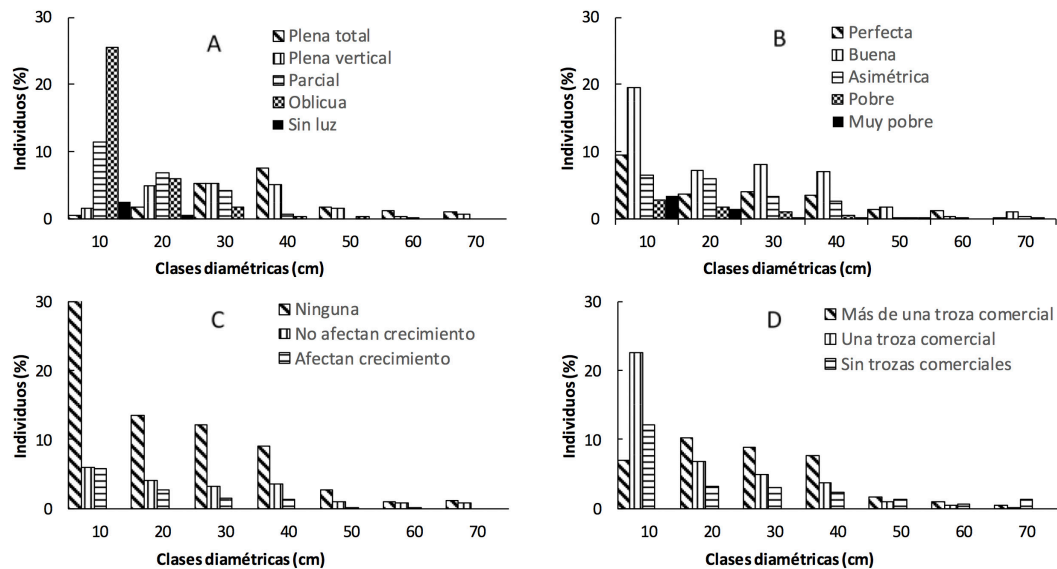
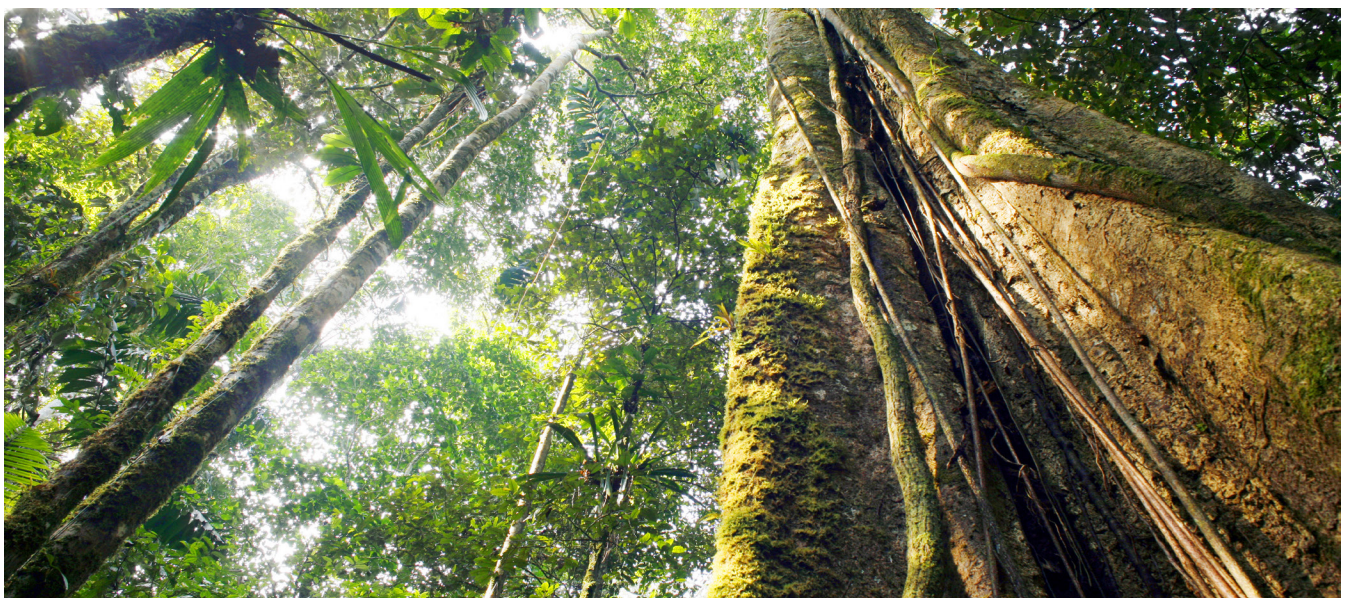


Figura 12. Distribución de la abundancia porcentual por clases diamétricas de la exposición a la luz (A), forma de la copa (B), infestación de lianas (C) y forma del fuste (D). Bosque Florencia, CATIE, Costa Rica

El manejo silvicultural de este bosque debe enfocarse en aumentar la exposición a la luz de los individuos de especies comerciales de la regeneración establecida y en disminuir la población de individuos de especies comerciales con fustes de calidad no deseable. El aprovechamiento comercial debería centrarse en las tres especies que cuentan con abundante regeneración (*Ocotea* spp., *G. meiantha* y *C. alliodora*) y en menor grado en las tres especies con poca regeneración (*A. papilionella*, *G. grandifolia* y *S. amara*) y de ser posible, buscando mercado para *C. schippi*. Una vez finalizado el aprovechamiento, se debe ejecutar un muestreo para conocer las condiciones de luz de la regeneración establecida de las especies comerciales, y de considerarse necesario, prescribir una intervención silvicultural, localizada tanto en la liberación de individuos de especies deseables aun suprimidos, como en la eliminación de fustes de calidad no deseable y de especies comerciales.



Reflexiones sobre los estudios de caso analizados y recomendaciones para su manejo

El análisis de estos cuatro casos de estudio demuestra el carácter particular de los bosques secundarios. Cada bosque es único en su estructura y composición florística, y por lo tanto tiene un potencial productivo diferente. De allí que no exista una “receta única” para manejar los bosques secundarios de una localidad o de una región.

El bosque La Lucha tiene un potencial productivo centrado en diez especies comerciales, la mayor parte de ellas de bajo valor comercial. Este potencial puede ser interesante para un pequeño productor, aunque posiblemente no para una pequeña industria forestal que requiera un flujo constante y sostenible de madera. El estado general de la masa es aceptable, en términos de la exposición de las copas a la luz, la forma de las copas, la infestación de lianas y la forma de los fustes, por lo que no requiere de la aplicación de tratamientos silviculturales.

El Roblar mostró el mayor potencial productivo, basado en tres especies de *Pinus* con alta regeneración en las clases diamétricas menores, en especial *P. tecunumanni*, y de la especie de roble *Q. elliptica* utilizada como leña. En este bosque no es necesario realizar tratamientos silviculturales, dadas las excelentes condiciones de luz, forma de copa, infestación de lianas y forma de fustes observadas.

El bosque Saravia registró una baja densidad de individuos en el conjunto diamétrico ≥ 10 cm, con un alto porcentaje de individuos de *S. mombin*, una especie con madera de baja densidad y con un mercado muy limitado. Del total de diez especies comerciales con individuos sobre el DMC, únicamente cuatro

mostraron regeneración establecida y las otras seis presentaron una población errática a través de las clases diamétricas. Esto hace que el potencial productivo actual del bosque sea bajo y esté condicionado a la posibilidad de colocar en el mercado la madera de *S. mombin* y así reducir el aprovechamiento de las poblaciones del resto de especies comerciales, algunas de ellas consideradas frágiles. Por otra parte, este bosque mostró condiciones deficientes en cuanto a la exposición a la luz, forma de copas, infestación de lianas y forma de fuste; no obstante, no se recomienda la ejecución de tratamientos silviculturales como la liberación o el refinamiento, dada la baja densidad de individuos y, únicamente, se aconseja la corta de lianas gruesas para prevenir daños a los fustes y favorecer el crecimiento.

El bosque Florencia fue el bosque con mayor edad y el segundo con mayor potencial productivo luego de El Roblar. De acuerdo con el análisis de su estructura horizontal, este bosque posee especies de valor comercial con poblaciones aceptables, tanto en la regeneración establecida como en los diámetros aprovechables. Sin embargo, presentó limitantes en relación con la exposición a la luz y forma de fuste de un alto porcentaje de individuos de la regeneración de especies comerciales, por lo que el manejo de este sitio debería considerar la ejecución de un aprovechamiento de un máximo del 50% de la masa sobre el DMC para evitar daños mayores al ecosistema, seguido de una evaluación de las nuevas condiciones de luz y formas de fustes de la masa remanente, con el propósito de realizar la prescripción de tratamientos silviculturales, si fuera necesario.

A manera de síntesis, se pueden enlistar una serie de pautas válidas para todos los sitios.

- Se debe considerar el temperamento ecológico de las especies más abundantes en las clases diamétricas inferiores (10 a 29 cm), sean estas comerciales o no comerciales. Este punto es de especial importancia para asegurar una dinámica sana de la especie comercial y para evitar el sobre-poblamiento del sitio con especies heliófitas efímeras, como es el caso de La Lucha con la especie *Belottia*, actualmente no comercial. No obstante, se debe trabajar en buscar mercados para estas especies, lo cual aumentaría el potencial productivo de estos bosques.
- De igual manera, se debe tener en cuenta el temperamento de las especies comerciales de las clases superiores (40 cm o más). Se debe evitar la sobre-explotación de especies heliófitas durables, con poca regeneración y, por el contrario, recargar la cosecha sobre las poblaciones de especies esciófitas o de heliófitas durables con abundante regeneración comprobada, tal es el caso de La Lucha y Saravia.
- La extracción de individuos de pequeñas dimensiones de especies con potencial para la producción de leña o carbón no afecta significativamente el dosel del bosque y puede propiciar sitios para el establecimiento de otras especies o el crecimiento de las ya establecidas (caso de El Roblar con *Q. elliptica*). Incluso el corte de lianas gruesas que crecen alrededor de fustes bien formados (como es el caso en el bosque de Saravia) es una actividad que puede aumentar la rentabilidad futura de la cosecha.
- En estos ecosistemas no es raro encontrar especies vulnerables (p.e. *Q. skinneri*) o con poblaciones reducidas (muchas de las especies comerciales de heliófitas durables sin regeneración establecida en La Lucha, Saravia y Florencia). El manejo forestal debe asegurar su conservación.
- Con base en la experiencia de algunos de los autores de este documento, el aprovechamiento comercial no debe sobrepasar un máximo del 50% de los individuos de las especies comerciales sobre el DMC establecido, esto es especialmente importante en bosques secundarios jóvenes, debido a que aún se encuentran en un proceso dinámico de cambios, por la incapacidad de muchas de sus especies de reproducirse bajo la sombra.
- Un aspecto que tienen en común los cuatro bosques secundarios evaluados es la presencia de suficiente regeneración natural de especies comerciales, por lo que no se considera necesario realizar plantaciones de enriquecimiento en ninguno de estos bosques.
- Es necesario trabajar en la búsqueda de mercados económicamente atractivos para muchas de las especies de los bosques secundarios evaluados, que actualmente cuentan con mercados limitados a productos de escaso valor. Como ejemplo están las especies *Q. elliptica* en El Roblar, *E. poeppigiana* y *G. meiantha* en Florencia, *S. mombin* en Saravia y *B. campbelli* en La Lucha.

Bibliografía

- ACG (Área de Conservación Guanacaste). 2021. Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH). Sitio web. En línea. Consultado en agosto 2021. Disponible en: <https://www.acguanacaste.ac.cr/biodesarrollo/programa-de-restauracion-y-silvicultura/estacion-experimental-forestal-horizontes>
- Aide, TM; Clark, M. L.; Grau, H. R.; López-Carr, D.; Levy, M. A.; Redo, D.; Muñiz, M. 2013. Deforestación y reforestación de América Latina y el Caribe (2001–2010). *Biotropica*, 45(2), 262-271.
- Aquino, JA. 2019. Plan de manejo forestal “El Roblar”. Morazán, El Salvador. 48 p.
- Camacho, M. 2020. Plan de manejo forestal bosque secundario bosque disetáneo tardío, Sitio Saravia, EEFH, ACG. 23 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2021. Estación meteorológica (en línea, sitio web). Consultado 15 jun. 2021. Disponible en <https://www.catie.ac.cr/productos-y-servicios/estacion-meteorologica/estacion-meteorologica-catie.html>.
- Chazdon, RL. 2008. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320: 1458–1460
- Dávila, JRL. 2010. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana* 54(1): 77-89.
- Delgado, D; Serrano, JJ.; Vílchez, S; Morales, JP. 2018. Manual para el monitoreo ecológico y productivo de bosques secundarios latifoliados de Mesoamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 49 p. (Serie técnica. Manual técnico no. 143)
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal. Roma, Italia. Disponible en <https://doi.org/10.4060/ca9825es>.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first hundred years of succession. *Trends. Ecol. Evol.* 11: 119–124.
- Francis, J K. 2000. *Spondias mombin* L. Jobo, ciruela. In Francis, JK; Lowe, CA (eds.). Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, Puerto Rico, USDA. p. 488.
- Hernández J; Hernández, P; Clemente de J; Noguera, O. 2007. Estudio florístico de las lianas con fines de manejo del bosque, en un área del lote boscoso El Dorado Tumeremo, Estado Bolívar, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 51(2): 153-164.
- Hernández, LG; Jiménez, JJ; Sánchez, M; Meza, V; Morera, A; Gutiérrez, M. 2013. Dinámica y composición del bosque seco tropical de Guanacaste a partir de parcelas permanentes de muestreo (PPM) (en línea). Disponible en <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7462/Dinamica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Henao Bravo, El; Ordóñez, Y; Camino Velozo, RD; Villalobos Soto, R; Carrera Gambeta, F. 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).
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2021. Datos climáticos. Consultado en agosto 2021. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/mapa>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2019. Paquete tecnológico forestal para pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 78 p. (Serie técnica DT-033-2019).
- MARN (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2013. Zonas de vida de la República de El Salvador, Centro América (en línea). 24 p. Disponible en <https://studylib.es/doc/8277188/zonas-de-vida-de-la-rep%C3%BAblica-de-el-salvador--ca>.
- Ngo-Bieng, MA; Oliveira, MS; Roda, JM; Boissière, M; Hérault, B; Guizol, P; Villalobos, R; Sist, P. 2021. Relevance of secondary tropical forest for landscape restoration. *Forest Ecology and Management* 493 (Article 119265).

- Norden, N; Angarita, HA.; Bongers, F; Martínez-Ramos, M; Granzow-de la Cerda, I; van Breugel, M; Lebrija-Trejos, E; Meave, JA; Vandermeer, J; Williamson, GB; Finegan, B; Mesquita, R; Chazdon, R.L. 2015. Successional dynamics in Neotropical forests are as uncertain as they are predictable. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(26):8013-8018
- Ordóñez, JAB; Galicia, A; Venegas, NJ; Hernández, T; Ordóñez, MDJ; Dávalos-Sotelo, R. 2015. Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y bosques* 21(SPE):77-216.
- Rodríguez, R; Bartimeo, E. 2019. Plan de manejo de bosque natural latifoliado menor de 100 ha de la finca 3600, Aldea La Lucha, La Libertad, Petén. 28 p.
- SIREFOR (Sistema de Información de los Recursos Forestales, Costa Rica). 2016. Inventario Nacional Forestal. Manual de campo. Plantilla de especies. San José, Costa Rica.
- Serrano-Molina, Juan. 2018. Plan general de manejo del bosque secundario. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 49 p.
- Serrano-Molina, JJ; Delgado, D; Esquivel, M; Morales Aymerich, J. P. 2019. Guía didáctica para la silvicultura de bosques secundarios y degradados de Centroamérica. Serie técnica/Manual técnico CATIE no. 144, 44p.
- Serrano-Molina, JJ; Delgado-Rodríguez, D; Morales, JP. 2021. Silvicultura de bosques secundarios y de bosques degradados: las intervenciones silvícolas para su manejo en Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 57 p. (Serie técnica. Manual técnico no. 149).
- Velarde, ÁA. 2019. Plan de manejo de bosque natural latifoliado menor de 100 ha de la finca 3600, Aldea La Lucha, La Libertad, Petén. 29 p.
- Zedan, H. 2004. Lista roja de 2004 de la UICN de especies amenazadas: una evaluación mundial de especies. Ciudad, País, IUCN.
- Zúñiga-Méndez, C. 2016. Rentabilidad del manejo forestal en bosque natural y su efecto en el costo de oportunidad de la tierra del Área de Conservación Arenal-Huetar Norte, Costa Rica. Tesis Licenciatura, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Costa Rica.

Categorías de las variables de valoración del estado actual del bosque

Variable	Niveles	Descripción
Exposición a la luz	1	Luz plena: si la copa del individuo 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 se encuentra 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)
Forma de copa	1	Perfecta: círculo completo
	2	Buena forma: círculo irregular
	3	Claramente asimétrica: rala o escasa
	4	Pobre: fuertemente asimétrica con pocas ramas principales
	5	Muy pobre: con una o pocas ramas solamente o sin copa
Infestación de lianas	1	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 1/3 de la copa cubierta por lianas)
	3	Presencia de lianas que afectan potencialmente el crecimiento del árbol (en fuste con estrangulamiento y/o más de 1/3 de la copa libre de lianas)
Forma del fuste	1	Fuste recto y rollizo en la mayoría de su extensión, sin deformación o enfermedad. Podría proporcionar dos trozas cilíndricas de 3,5 metros para aserrío
	2	Fuste con una sección rolliza aserrable de 3,5 metros, puede presentar deformación o bifurcaciones
	3	Fuste retorcido, acanalado, inclinado, hueco o enfermo del cual no se puede sacar madera para aserrío

Fuente: Delgado *et al.* (2018)



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).



Tel. + (506) 2558-2000



comunica@catie.ac.cr



Sede Central, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica

ISBN: 978-9977-57-754-8

