

CATIE  
ST  
IT-295



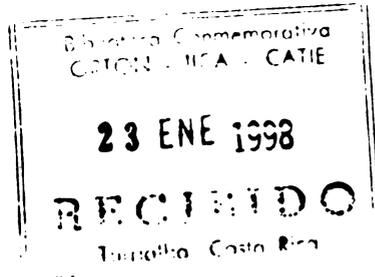
*Efectos del aprovechamiento forestal y el  
tratamiento silvicultural en un bosque húmedo  
del noreste de Costa Rica*

El crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial

**CATIE**

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales

03/12



*"Efectos del aprovechamiento forestal y el  
tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del  
noreste de Costa Rica*

**El crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial**

*Marlen Camacho*  
*Bryan Finegan*

1950

LIBRERIA  
CALLE 100 N. 100  
CALLE 100 N. 100  
LIBRERIA - CIDIA



---

Serie Técnica  
Informe técnico No. 295

*Efectos del aprovechamiento forestal y el  
tratamiento silvicultural en un bosque húmedo  
del noreste de Costa Rica*

**El crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial**

*Marlen Camacho  
Bryan Finegan*

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE  
Unidad de Manejo de Bosques Naturales  
Turrialba, Costa Rica, 1997



El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

© 1997, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-57-283-6

95406

634.98097286

C172 Camacho, Marlen

Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica : el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial / Marlen Camacho, Bryan Finegan. -- Turrialba, Costa Rica : CATIE. Unidad de Bosques Naturales, 1997.

54 p. , 27 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 295)

ISBN 9977-57-283-6

1. Bosque húmedo - Aprovechamiento forestal- Costa Rica  
2. Bosque húmedo - Silvicultura- Costa Rica 3. Bosque húmedo - Dendrometría - Costa Rica I. Finegan, Bryan II. CATIE  
III. Título IV. Serie

La Cooperación Suiza al desarrollo (COSUDE) es una dirección especializada dentro del Ministerio de Relaciones Exteriores de Suiza, responsable de la mayor parte de la cooperación para el desarrollo y ayuda humanitaria, que brinda el Gobierno de Suiza a nivel internacional. Presta su apoyo, tanto por medio de convenios bilaterales en más de 50 países de África, Asia y América Latina, como por la vía multilateral, a través de organismos especializados de la Naciones Unidas, de los Bancos y Fondos Regionales de Desarrollo.

*Publicación patrocinada por la Cooperación Suiza al  
Desarrollo (COSUDE)*



---

# Indice

<b>Presentación</b> .....	<b>V</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Summary</b> .....	<b>IX</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Materiales y métodos</b>	
<b>Descripción del sitio</b> .....	<b>2</b>
<b>Métodos</b> .....	<b>2</b>
<b>Análisis de datos</b> .....	<b>4</b>
<b>Resultados y discusión</b>	
<b>Caracterización del bosque</b> .....	<b>7</b>
<i>Composición florística</i> .....	<b>7</b>
<i>Dinámica de la estructura horizontal</i> .....	<b>9</b>
<i>Mortalidad y Reclutamiento</i> .....	<b>11</b>
<b>Crecimiento del rodal</b> .....	<b>13</b>
<i>Crecimiento diamétrico y basimétrico</i> .....	<b>13</b>
<i>Relación entre los incrementos diamétricos y algunas variables silviculturales</i> .....	<b>16</b>
<i>Agrupamiento de especies según su velocidad de crecimiento</i> .....	<b>18</b>
<i>Crecimiento de árboles de futura cosecha</i> .....	<b>20</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>22</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>23</b>
<b>Anexos</b>	
1. <i>Ubicación de las parcelas permanentes de medición en la finca La Tirimbina</i> . . . . .	<b>27</b>
2. <i>Distribuciones diamétricas del número de árboles del área basal al inicio y al final del estudio</i> .....	<b>28</b>
3. <i>Distribución del número de individuos por variable silvicultural evaluada en 1996</i> .....	<b>29</b>
4. <i>Tasas de mortalidad anual en función de cuatro parámetros para árboles con dap <math>\geq 10</math> cm</i> .....	<b>30</b>

---



---

5. <i>Distribución de los incrementos diamétricos individuales del período 1993-1996</i> .....	.31
6. <i>Comparación entre tratamientos de los incrementos medianos por clases diamétricas en dos períodos de medición</i> .....	.32
7. <i>Agrupamiento de las especies por tratamiento según su velocidad de crecimiento</i> .....	.33
8. <i>Coefficientes de correlación de Spearman por grupos de velocidad de crecimiento para cinco variables</i> .....	.32



---

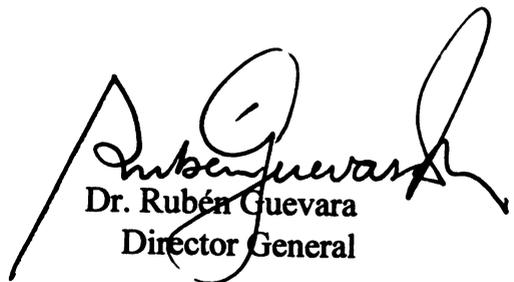
# Presentación

En el año 1991, el Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales, que ejecuta el CATIE con el patrocinio de la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), inició la Colección de publicaciones "Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales", dentro de la Serie Técnica de la Institución. Con esta Colección se buscaba fomentar la difusión de la información generada con las investigaciones del Proyecto; así, se publicaron diez documentos sobre los aspectos biológicos, ecológicos, silviculturales, económicos y de manejo de bosques naturales montanos y de tierras bajas de Costa Rica.

Hoy, seis años después, con el nombre de "Manejo Diversificado de Bosques Naturales", la Colección deviene el órgano difusor de la información técnica y científica generada por la Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN) del CATIE. Esta Unidad es conformada por los proyectos Silvicultura de Bosques Naturales (PROSIBONA), Transferencia de Tecnología y Promoción de la Formación Profesional en Manejo de Bosques Naturales (TRANSFORMA), Manejo de Bosques Secundarios en América Tropical y Manejo Forestal en Petén (CATIE/CONAP), además de la Cátedra Ecología para la Producción Diversificada de Bosques Naturales.

Se pretende que la Colección sea un instrumento útil para promover el manejo forestal diversificado y sostenible de los bosques naturales tropicales, y así lograr que el lema "Producir conservando y conservar produciendo" sea una realidad en el trópico americano.

El presente número de la Colección evalúa los efectos del aprovechamiento y de los tratamientos silviculturales sobre el área basal del bosque remanente y sobre el incremento diamétricos de los árboles individuales, en un bosque húmedo en Costa Rica. Con estudios como este, el CATIE busca ofrecer a los propietarios y usuarios del bosque herramientas para la planificación y seguimiento de las operaciones forestales en el proceso de utilización de los recursos del bosque.



Dr. Rubén Guevara  
Director General





---

# Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar la magnitud de los incrementos en el diámetro de los árboles en un bosque húmedo manejado para la producción maderera, y la relación de esos incrementos con características del rodal, como son, la intensidad de la intervención y los atributos de los árboles (incluyendo su identidad taxonómica). El sitio seleccionado para este propósito fue una finca privada ubicada al noreste de Costa Rica, a una altitud de 200 msnm y en un bosque húmedo tropical, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge. Este estudio dio inicio en 1988; y para ese momento, el bosque primario original del lugar había sufrido al menos dos talas superficiales, la primera de ellas en 1962. Se escogió un bloque de 540 m x 540 m (29,2 ha), el cual fue dividido en nueve parcelas de tratamiento de 180 m x 180 m (3,24 ha), y se instaló una parcela permanente de muestreo (PPM) de 1,0 ha, en el centro de cada parcela de tratamiento. Entre 1989 y 1990, se cosechó madera de todo el bloque, para lo cual se siguieron estrictas medidas de planeamiento y control. También se emplearon diferentes regímenes de intervención silvicultural poscosecha, para lo cual se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y tres repeticiones por tratamiento. La parcela de control no recibió ningún tratamiento poscosecha. El tratamiento de liberación consistió en eliminar, mediante envenenamiento y anillamiento, los árboles no comerciales con un dap  $\geq 40$  cm y aquellos que compitieran con árboles de futura cosecha con un dap  $\geq 10$  cm. El tercer tratamiento consistió en formar un bosque bajo dosel protector, para lo cual se cortaron los árboles no comerciales con un dap  $\geq 10$  cm, los cuales constituían los estratos medios y bajos del bosque; de esta forma se redujo la densidad del rodal conservando una cubierta continua del primer dosel. Todos los árboles y palmas con un dap  $\geq 10$  cm fueron enumerados en parcelas permanentes de muestreo (PPM); los del periodo 1988-1990 se enumeraron en tres PPM y los de 1990-1996 en las seis parcelas restantes. El análisis de la dinámica y del crecimiento de los rodales se basó principalmente en dos periodos del estudio: 1990-1993 y 1993-1996.

No se encontraron diferencias entre los tratamientos con relación a la densidad del rodal y al área basal para el año 1990; sin embargo, las parcelas de control mostraron valores significativamente mayores para estas variables con respecto a las parcelas tratadas silviculturalmente durante el periodo 1993-1996. El área basal en las parcelas de liberación resultó ser un 25% menor ( $18 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) que en las parcelas de control y las parcelas bajo dosel protector que mostraron valores intermedios. Durante el periodo 1993 - 1996, la mortalidad anual estimada debió a causas naturales fue, por lo general, similar a la encontrada en regiones neotropicales no perturbadas, con cerca de un 2%; sin embargo fue considerablemente mayor en las parcelas de liberación. No se encontró relación entre mortalidad y clase diamétrica, pero fue notablemente mayor entre árboles que no mostraron incrementos, nulos o con



negativos, con formas de copa pobres o muy pobres y muy poca radiación solar o indirecta.

Los incrementos en diámetro variaron considerablemente - el rango de incrementos anuales observado en todo el estudio osciló entre 2 mm y 48 mm - y mostraron un sesgo altamente positivo, de manera que las medias para todos los árboles estuvieron por lo general entre 3 y 5 mm año<sup>-1</sup> a pesar de la máxima superior. Los incrementos medios en diámetro no variaron entre los tratamientos silviculturales durante el periodo 1990 - 1993, pero fueron significativamente mayores para las parcelas tratadas silviculturalmente (hasta 7 mm año<sup>-1</sup> y aún más en el tratamiento de liberación) que en las parcelas de control (5 mm año<sup>-1</sup>), para el periodo 1993 - 1996, tanto para especies comerciales en general como para árboles de futura cosecha en particular ( $p < 0,05$ ). Los incrementos en diámetro se correlacionaron positivamente con el tamaño adulto (los árboles del estrato superior y las especies emergentes crecieron significativamente más rápido que las especies de sotobosque), con la iluminación de la copa y en particular con la forma de la copa.

Para reducir la complejidad de la información sobre el incremento diamétrico (amplia variación entre especies, e identificación de 259 especies de árboles y palmas durante el periodo bajo estudio), las especies más comunes (abundancia media >1 por hectárea) se agruparon, con base en las similitudes y diferencias de las tasas de crecimiento diamétrico, usando el análisis multivariado. El crecimiento de árboles potencialmente comerciales se analizó, en cada tratamiento experimental, en términos de la distribución de frecuencia de los árboles en categorías de tasas de incremento diamétrico establecidas por el análisis de conglomerados.

Se concluye que los incrementos en diámetro en este bosque bajo manejo variaron considerablemente debido, en parte, a atributos tales como tamaño adulto, iluminación de la copa, etc., que han mostrado su importancia en otros estudios. La aplicación de tratamientos silviculturales prácticos puede dar como resultado aumentos significativos en los incrementos en diámetro de las especies comerciales; sin embargo, el tiempo que duran éstos efectos es aún desconocido para bosques como los que se evaluaron en este estudio de caso. La decisión de aplicar o no tratamientos silviculturales dependerá, en última instancia, de consideraciones económicas.



---

## Summary

The present study was carried out to determine the magnitude of stem diameter increments of trees in a tropical wet forest managed for timber production, and the relationship of increments to stand characteristics such as intensity of intervention, and tree attributes (including taxonomic identity). Site was a private farm in northeastern Costa Rica at 200 m.a.s.l. and located in Holdridge's tropical wet forest life zone. The original old-growth forest there had been lightly logged at least twice since 1962. The present study was initiated in this logged old-growth in 1988. A 540 m x 540 m (29,2 ha) block of forest was divided into nine square treatment plots of 180 m x 180 m (3,24 ha), and a 1,0 ha square permanent sample plot (PSP) set up in the centre of each treatment plot. Timber was harvested from the whole block, applying strict regulations of planning and control, in 1989-1990. Different regimes of post-harvest silvicultural intervention were then applied under a complete randomised block design with three replicates of each treatment. The control received no post-harvest treatment. Under a liberation treatment, non-commercial trees  $\geq 40$  cm dbh, and all other trees competing with a potential crop tree  $\geq 10$  dbh, were poison-girdled. The third treatment involved the formation of a shelterwood by the cutting of non-commercial trees  $\geq 10$  cm dbh which formed the middle and lower stories of the forest, thus reducing stand density but conserving continuous canopy cover. All trees and palms  $\geq 10$  cm dbh were enumerated in PSP, over the period 1988-1996 in three PSPs, and 1990-1996 in the remaining six. Analysis of stand dynamics and growth was largely based on two periods of the study: 1990-1993 and 1993-1996.

There were no differences between treatments in stand density or basal area in 1990, but control plots had significantly higher values of these variables than the silviculturally treated plots during the 1993-1996 period; basal area in the liberation plots was 25% lower, at  $18 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , than in the control plots and shelterwood plots showed intermediate values. Basal area and stand density were increasing under all three treatments during 1993-1996. Estimated annual mortality rates due to natural causes were in general similar to those of undisturbed neotropical wet forests at ca. 2 %, but appeared to be considerably higher than this in the liberation plots over the 1993-1996 period. Mortality was independent of diameter class, but markedly greater among trees which showed zero or negative diameter increments, which had poor or very poor crown forms and which received little or no direct solar radiation.

Diameter increments varied very widely - the range of annual increments observed over the whole study was -2 mm to 48 mm - and were strongly positively skewed, such that medians for all trees were usually 3-5 mm  $\text{yr}^{-1}$  in spite of high maxima. Median diameter increments did not differ between silvicultural treatments, 1990-1993, but were significantly higher in silviculturally treated plots (up to 7 mm  $\text{yr}^{-1}$ , and greatest



---

under the liberation treatment) than in controls (5 mm yr<sup>-1</sup>), 1993-1996, both for commercial species in general and potential crop trees in particular ( $p < 0.05$ ). Diameter increments were positively correlated with adult size (trees of canopy and emergent species grew significantly faster than those of understory species), crown illumination and, in particular, crown form.

In order to reduce the complexity of the information on diameter increments (these varied widely between species, and a total of 259 species of tree and palm were identified in the plots during the study), the commoner species (all those with mean abundance  $> 1$  individual per hectare) were grouped on the basis of similarities and differences of their diameter growth rates using multivariate analysis.

It is concluded that diameter increments in this managed forest vary widely, partly in relation to attributes which have been shown to be important in other studies such as adult size, crown illumination etc. Practical silvicultural treatments can bring about highly significant increases in the diameter increments of commercial species, but the length of time over which such effects are maintained remains unknown for forests like those of the study site. The decision on whether or not to apply silvicultural treatments must, in any case, depend ultimately on financial considerations.



---

# Introducción

Muchos tipos de bosques naturales tropicales son susceptibles de ser manejados bajo el concepto de manejo sostenible con objetivos múltiples, el cual incluye no solo la producción de madera y de productos no maderables, sino también el mantenimiento de los servicios ambientales y de la diversidad biológica. Sin embargo, la práctica del manejo sostenible es insignificante a nivel del mundo tropical y las razones deben buscarse en el ámbito socioeconómico y político, antes que en el técnico o ecológico (Poore et al. 1989, Palmer y Synnott 1992).

Desde el punto de vista técnico, las condiciones adecuadas para el manejo sostenible de la producción maderera exigen un cierto volumen de información, una parte significativa de la cual se relaciona con el crecimiento, rendimiento y regeneración natural de las especies que conforman el bosque, tanto comerciales como no comerciales. El desarrollo de las técnicas silviculturales y de aprovechamiento, así como el progreso hacia una planificación operacional, ecológica y económicamente apropiada, depende de una veraz información y de su adecuada proyección en el tiempo a través de modelos de crecimiento y rendimiento (Alder 1995, Palmer y Synnott 1992).

Tal manejo nunca ha sido practicado y existe una gran presión para actuar en todos los frentes, incluyendo el de recabar información sobre el crecimiento, rendimiento y regeneración natural de las especies forestales. La importancia de obtener esta información radica en la necesidad no solo de conocer las existencias actuales de productos aprovechables (las cuales pueden ser determinadas por inventarios convencionales), sino también de predecir las existencias futuras, pues resulta muy difícil planificar el manejo y administrar las empresas que lo llevan a cabo sin información que permita la programación de las actividades de aprovechamiento y la estimación de los ingresos que las mismas generarán. Además, a un nivel más detallado, los estudios de crecimiento, rendimiento y regeneración natural facilitan la identificación de los factores que afectan la productividad del bosque y, entre ellos, el efecto de las intervenciones silviculturales.

En este contexto, el presente trabajo busca responder a varias preguntas en relación con el aprovechamiento y los tratamientos silviculturales practicados en un bosque húmedo de las tierras bajas en el noreste de Costa Rica: 1) ¿cuál es la magnitud, el rango y la distribución de los incrementos diamétricos de la masa en general y de las especies comerciales, en especial?; 2) ¿cuál es la relación entre la variación del incremento diamétrico, las características de los árboles individuales y su ambiente biótico y abiótico inmediato?; 3) ¿qué efecto tienen los tratamientos silviculturales sobre el área basal del bosque remanente y sobre el incremento de los árboles individuales?.

A corto y mediano plazo, la información obtenida será crucial para la planificación de las operaciones forestales en el área de estudio, mientras que su seguimiento dará las pautas que determinarán no solo la escogencia de un ciclo de corta, sino también la masa que será posible cosechar.



---

# Materiales y métodos

## Descripción del sitio

Este estudio se realizó en un bosque primario aprovechado perteneciente a la finca La Tirimbina Rain Forest Centre Inc., la cual se ubica en la provincia de Heredia, cantón de Sarapiquí, distrito de La Virgen. Geográficamente, se localiza en la Región Huetar Norte de Costa Rica, entre las coordenadas 1°25' latitud norte y 84°47' longitud oeste.

Según la clasificación de Holdridge, la zona pertenece al bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y bosque muy húmedo premontano, transición a Basal (bmh-P) (Manta 1988). La temperatura media anual es de 24,5°C, con máximas y mínimas promedio de 26,2°C y 23,4°C, respectivamente. La precipitación media anual se estima en 3 864 mm, con ausencia de meses secos (Manta 1988). Un análisis preliminar de los suelos en La Tirimbina indica que estos pertenecen al orden de los *Dystropepts*; son ácidos (pH entre 3,9 y 4,5) e infértiles y se componen de arcillas de origen volcánico, muy meteorizadas (Manta 1988).

El bosque primario de La Tirimbina ocupa un área de aproximadamente 80 ha. El mismo fue aprovechado al menos en dos ocasiones: 1962 y 1980. En estos aprovechamientos se cortó *Minquartia guianensis* para la elaboración de postes para el cultivo de la pimienta, además de *Cedrela odorata*, *Terminalia amazonia* y *Pentaclethra macroloba*; esta última especie solo en el segundo aprovechamiento. Según mencionan Morales y Sibaja (1994), tales bosques aprovechados selectivamente conforman más de 40 000 ha, solo en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

## Métodos

Para el presente estudio, se adoptó una metodología que puede considerarse estándar, la cual ha sido desarrollada a lo largo de al menos 60 años de experiencia en estudios de crecimiento y rendimiento de bosques tropicales naturales (Dawkins 1958, Synnott 1979, Alder y Synnott 1992). Por esta razón, la metodología no será analizada en detalle. Un análisis crítico de los supuestos y problemas de este tipo de estudios aparece en Sheil (1995).

El estudio se desarrolló en una superficie de 29,2 ha, dividida en nueve parcelas de 180 m x 180 m, con una superficie central efectiva de medición, o parcela permanente, de 100 m x 100 m (1 ha) y una faja amortiguadora de 40 m de ancho (Anexo 1).



---

En todo el área se realizó un aprovechamiento planificado: en 1989 en las parcelas 4 y 7, y en 1990 en el resto del área, con una intensidad moderada para mantener la estructura disetánea del rodal. Los detalles técnicos de este aprovechamiento se reseñan en Quirós y Finegan (1994). Próximamente en esta misma colección se publicará un análisis financiero del aprovechamiento (Quirós y Gómez) y un detalle del enfoque silvicultural aplicado en los bosques de la Región Huetar Norte de Costa Rica (Quirós y Méndez).

Para el estudio de crecimiento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones: testigo, liberación con refinamiento parcial y dosel protector (Anexo 3). Las parcelas 2, 4 y 8 conformaron el grupo testigo y aunque sufrieron aprovechamiento, no recibieron ningún tratamiento silvicultural. Las parcelas 3, 5 y 9 fueron asignadas al tratamiento liberación con refinamiento parcial y tratadas en 1991, mediante la eliminación de árboles de especies no comerciales con dap  $\geq 40$  cm, salvo aquellos ejemplares que durante el inventario de planificación (ver Quirós y Finegan 1994) fueron marcados para la conservación (etapa de refinamiento parcial). Además se eliminaron los árboles con dap  $\geq 10$  cm de cualquier especie (salvo los semilleros o de especies de importancia ecológica), que en un radio de 10 m, compitieran u oprimieran árboles seleccionados para futura cosecha (etapa de liberación). La operación se realizó por anillamiento del fuste y aplicación de un arboricida. El resultado visual es un bosque con el estrato superior bastante abierto y los estratos medio e inferior relativamente densos. Antecedentes técnicos sobre este tipo de tratamiento silvicultural en bosques húmedos tropicales se encuentran en De Graaf (1986), Hutchinson (1987) y Jonkers (1987).

Las parcelas 1, 6 y 7 se asignaron al tratamiento dosel protector y fueron tratadas en 1992. La operación realizada consistió en la eliminación, por corte y extracción, de los árboles del dosel medio e inferior, cuyas copas oprimían, se traslapaban o competían con árboles de futura cosecha. El resultado en este tratamiento es un bosque con un estrato superior cerrado y estratos medio e inferior poco densos. Antecedentes técnicos sobre los tratamientos de dosel protector en bosques húmedos tropicales se encuentran en Baur (1968).

El área de cada parcela permanente de medición fue dividida en 25 subparcelas de 20 m x 20 m. En cada subparcela, los individuos con dap  $\geq 10$  cm fueron marcados en el punto de medición, identificados con un código numerado, localizados por un sistema de coordenadas cartesianas, y medidos en el diámetro de referencia con cinta diamétrica de fibra de vidrio (1,0 mm). En estudios posteriores, se usará la información de localización espacial del individuo para apoyar la construcción de modelos que simulen el desarrollo de cada árbol individual, por medio de índices de competencia (ver Vanclay 1994).

La exposición de la copa a la luz, la forma de la copa y la infestación por lianas se estimó mediante escalas adaptadas de Dawkins (1958), Synnott (1979) y Hutchinson (1987), respectivamente.



La identificación botánica de cada individuo se llevó a cabo en el campo o por medio de muestras botánicas y fue realizada por Nelson Zamora (dendrólogo del Instituto de Biodiversidad, INBio, Costa Rica). Las muestras botánicas recolectadas fueron depositadas en el herbario del CATIE. Una lista de las especies registradas en este bosque está a disposición de los usuarios (Zamora *et al.* en prep.).

Las mediciones anuales de las parcelas permanentes se iniciaron en 1988 en las parcelas 3, 4 y 8 y en 1990 en las otras seis parcelas. Las parcelas del tratamiento dosis protector no se midieron en 1992. En cada medición, se identificaron, marcaron y midieron los ingresos, así como los árboles muertos y la causa de su muerte: aprovechamiento, muerte natural (de pie o en el suelo) o por causa de tratamiento silvicultural.

Con base en criterios desarrollados por Finegan y Sabogal (1988), se clasificaron las especies comerciales y algunas no comerciales en cuatro gremios ecológicos: heliófitas efímeras, heliófitas durables, esciófitas parciales y esciófitas totales. Por otra parte, se adoptó la clasificación realizada por Nelson Zamora y citada por Zamora *et al.* (en prep.) que asigna las especies a diferentes estratos arbóreos, según la posición sociológica del árbol adulto.

## Análisis de datos

Como solo tres de las nueve parcelas fueron medidas desde 1988, se analizaron únicamente los registros de 1990 a 1996. Sin embargo, se usaron los incrementos de 1988 a 1990 para apoyar los resultados de los siguientes años.

Para el presente estudio, los cambios de estructura horizontal del bosque en relación con las diferentes intervenciones fueron determinados en términos de la densidad del rodal ( $N \text{ ha}^{-1}$ ) y el área basal ( $G$ , en  $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ ). Para una caracterización de la composición del bosque, se elaboraron listas de la vegetación, según el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies, de acuerdo con Curtis y McIntosh (1950) con base en la población presente en 1996.

La mortalidad total (que incluye la mortalidad natural, así como la debida al aprovechamiento y al tratamiento) se reportó por su número absoluto por hectárea. Además, se calculó la tasa de mortalidad natural a través de un modelo logarítmico (Lieberman y Lieberman 1987), el cual asume que una proporción constante de la población muere en cada intervalo de tiempo. Por su parte, el reclutamiento se expresó como el número promedio por hectárea por año de árboles que ingresaron a la primera clase diamétrica de medición (10 a 19 cm de dap).

El estudio del crecimiento diamétrico comprendió los individuos que mostraron al menos una medida de incremento en los seis años de medición (1990 a 1996). Se excluyeron las palmas, pues estas no poseen crecimiento secundario. Además, se elimi-



naron los incrementos diamétricos anuales menores a -2 mm y mayores a 50 mm, pues se consideró que los mismos no eran “confiables”. En total, se analizaron 4 659 árboles, de los cuales 1 951 son de especies comerciales.

Debido a que los incrementos diámétricos a nivel de toda la población ( $n = 4\ 659$  individuos) muestran rangos muy amplios, varianzas altas y distribuciones con sesgos positivos, se prefirió utilizar la mediana como medida de caracterización del incremento, pues el promedio puede resultar en valores sobrestimados. Anterior a cualquier análisis, se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad para los valores medianos por repetición ( $n = 9$ ). Donde los resultados confirmaron la normalidad en la distribución de los residuos, así como la homogeneidad de las varianzas, se utilizaron pruebas estadísticas de tipo paramétrico con datos no transformados; en caso contrario, se usaron pruebas no paramétricas con datos no transformados.

Los análisis efectuados consistieron en comparaciones de los valores de las medianas por repetición, con el propósito de encontrar posibles diferencias entre tratamientos. Se usaron también correlaciones para probar la asociación de las variables. Los programas utilizados fueron el Proc UNIVARIATE (para obtener los valores medianos por repetición), el Proc ANOVA, el Proc NPAR1WAY, el Proc FREQ y el Proc CORR del SAS Institute Inc. (1985).

La escasez de individuos con  $dap \geq 10$  cm en la mayoría de las especies en el bosque estudiado imposibilitó una caracterización completa del crecimiento diamétrico a nivel de la especie individual. Además, para fines de modelaje es deseable reducir la complejidad de la información utilizada para la parametrización (Vanclay 1994, Alder 1995). Por estas razones, se siguió la estrategia definida por Alder (1995) de agrupar las especies de acuerdo con las mismas características de los incrementos diamétricos. En el contexto anterior, se trabajó con las especies que poseían abundancias promedios iguales o mayores a un árbol por hectárea por tratamiento, y cuyos individuos estuvieron presentes durante todo el período en estudio (2 403 árboles pertenecientes a 71 especies). Para cada especie, se calculó el primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil de su correspondiente incremento periódico anual obtenido a partir de los últimos tres años de medición.

Con base en los tres parámetros de la distribución del incremento, se ejecutó un Análisis de Conglomerados (Proc CLUSTER de SAS) para todas las especies, las cuales se identificaron con un código que indicaba si los datos de dicha especie provenían del testigo, de la liberación o del dosel protector. El objetivo de este análisis fue probar el agrupamiento de las especies estudiadas en cuatro, cinco y seis grupos de “velocidad de crecimiento”. El método seleccionado para formar los grupos fue el Ward y como medida de similitud entre especies se utilizó la distancia euclidiana al cuadrado.

Como paso posterior, se aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey para tener una idea de cómo se diferenciaban los distintos grupos probados, según las variables que los originaron, y decidir finalmente el número



óptimo de grupos por tratamiento (Proc GLM de SAS). Los resultados del Análisis de Conglomerados para los grupos seleccionados fueron validados con un Análisis de Discriminantes (Proc DISCRIM de SAS). Para completar, se efectuó un Análisis Canónico Discriminante (Proc CANDISC de SAS) como una herramienta más para visualizar, de manera gráfica, la conformación de los grupos seleccionados.

Finalmente, se evaluó la población de árboles de futura cosecha de acuerdo con los grupos de crecimiento identificados en el paso anterior. Se consideró como árbol de futura cosecha a todo individuo (dap  $\geq 10$  cm) de especie comercial, con fuste de buena calidad y copa de buena forma.



---

# Resultados y discusión

## Caracterización del bosque

### *Composición florística*

Entre 1990 y 1996, se realizaron 259 identificaciones botánicas para los árboles y palmas con dap  $\geq 10$  cm, las cuales pertenecen a 152 géneros y 92 familias. Del total de especies, 164 (63%) no alcanzan un promedio de un árbol por hectárea y entre ellas, 62 (24%) están representadas por un solo individuo en toda el área estudiada; 83 especies (32%) tienen un promedio de uno a nueve individuos por hectárea, mientras que solo 12 especies (4%), de las cuales 4 son palmas, están representadas por 10 o más individuos  $\text{ha}^{-1}$ .

De acuerdo con la clasificación realizada por Zamora *et al.* (1996), un 10% de las especies identificadas son de sotobosque, un 50% pertenecen al dosel intermedio, un 15% al subdosel y un 23% al dosel superior. Para el 2% restante se desconoce el estrato de madurez de la especie.

En total, se encontraron 51 especies con valor comercial actual, y de manera preliminar, 35 se clasificaron en el grupo ecológico de las heliófitas durables y 16 en el de las esciófitas. Este último grupo representa cerca del 60% del número de árboles y el 70% del área basal comercial.

El bosque aprovechado de La Tirimbina cuenta actualmente con un promedio de 103 especies por hectárea, con dap  $\geq 10$  cm, cifra bastante similar a la reportada por Lieberman y Lieberman (1987) en bosques sin aprovechamiento de la misma región.

A pesar de su alta riqueza florística, estos bosques están dominados por una especie, la comercial *Pentaclethra maculosa* (Willd.) Kuntze, que representa alrededor del 31% del área basal total con 14 a 15% del total de individuos en cualquier tratamiento (Cuadro 1). Bosques de este tipo son típicos de la zona atlántica de Costa Rica y Nicaragua, como lo reportan otros estudios conducidos en esta región (Peralta *et al.* 1987, Finegan y Sabogal 1988, Morales y Sibaja 1994, Castillo 1994).

En las parcelas testigo aparece en segundo término *Ferdinandusa panamensis*, especie del subdosel y no comercial, además de *Laetia procera*, *Dendropanax arboreus*, *Protium ravenii* y la palma *Welfia georgii*. En las parcelas del tratamiento liberación, la segunda especie en importancia es la palma *W. georgii* y le siguen en peso ecológico las



**Cuadro 1.** Índice de Valor de Importancia por tratamiento (dap  $\geq 10$  cm), con base en promedios de 3,0 ha por tratamiento (medición de 1996). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

	N/ha	N (%)	G/ha	G (%)	Fabs	F (%)	IVI
<b>Testigo</b>							
<i>Pentaclethra macroloba</i>	74	14	7,7	32	3	1	47
<i>Ferdinandusa panamensis</i>	49	9	0,9	4	3	1	14
<i>Welfia georgii</i>	22	4	0,4	2	3	1	7
<i>Laetia procera</i>	13	2	0,5	2	3	1	6
<i>Dendropanax arboreus</i>	12	2	0,5	2	3	1	5
<i>Protium ravenii</i>	16	3	0,3	1	3	1	5
<i>Macrolobium costaricensis</i>	12	2	0,5	2	3	1	5
<i>Tetragastris panamensis</i>	6	1	0,6	3	3	1	5
<i>Pourouma bicolor</i>	10	2	0,4	2	3	1	4
<i>Minquartia guianensis</i>	11	2	0,3	1	3	1	4
Subtotal (10 primeras especies)	225	42	12,1	51	30	10	103
174 especies más	308	58	11,6	49	300	90	197
<b>Total</b>	<b>533</b>	<b>100</b>	<b>23,7</b>	<b>100</b>	<b>330</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
<b>Liberación</b>							
<i>Pentaclethra macroloba</i>	58	14	5,5	30	3	1	44
<i>Welfia georgii</i>	20	5	0,4	2	3	1	8
<i>Protium ravenii</i>	20	5	0,3	2	3	1	7
<i>Iriartea gigantea</i>	17	4	0,4	2	3	1	7
<i>Euterpeprecatoria</i>	20	5	0,2	1	3	1	7
<i>Socratea exorrhiza</i>	14	3	0,2	1	3	1	6
<i>Vochysia ferruginea</i>	6	1	0,5	3	3	1	5
<i>Minquartia guianensis</i>	9	2	0,4	2	3	1	5
<i>Humiriastrium diquense</i>	3	1	0,6	3	3	1	5
<i>Terminalia amazonia</i>	3	1	0,6	3	3	1	5
Subtotal (10 primeras especies)	170	41	9,1	49	30	10	100
158 especies más	248	59	9,7	51	261	90	200
<b>Total</b>	<b>418</b>	<b>100</b>	<b>18,8</b>	<b>100</b>	<b>291</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
<b>Dosel Protector</b>							
<i>Pentaclethra macroloba</i>	62	15	7,2	34	3	1	49
<i>Vochysia ferruginea</i>	9	2	0,9	4	3	1	7
<i>Welfia georgii</i>	18	4	0,4	2	3	1	7
<i>Protium ravenii</i>	17	4	0,4	2	3	1	7
<i>Casearia arborea</i>	13	3	0,3	1	3	1	6
<i>Iriartea gigantea</i>	14	3	0,2	1	3	1	6
<i>Euterpeprecatoria</i>	15	4	0,2	1	3	1	5
<i>Laetia procera</i>	11	2	0,3	1	3	1	5
<i>Tapirira guianensis</i>	10	2	0,3	1	3	1	5
<i>Socratea exorrhiza</i>	12	3	0,2	1	3	1	5
Subtotal (10 primeras especies)	181	42	10,2	48	30	10	100
154 especies más	247	58	11,2	52	281	90	200
<b>Total</b>	<b>428</b>	<b>100</b>	<b>21,4</b>	<b>100</b>	<b>311</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

N/ha: abundancia absoluta, N (%): abundancia relativa, G/ha: dominancia absoluta, G (%): dominancia relativa, Fabs: frecuencia absoluta, F (%): frecuencia relativa, (IVI sensu Curtis y McIntosh 1950).



palmas *Iriartea gigantea*, *Euterpeprecatoria* y *Socratea exorrhiza* y las arbóreas *P. ravenii*, *Vochysia ferruginea* y *Minquartia guianensis*. En el tratamiento dosel protector, la comercial *V. ferruginea* posee el segundo lugar en dominancia, mientras que otras especies importantes son: *P. ravenii*, *C. arborea* y las palmas *W. georgii*, *I. gigantea* y *Euterpeprecatoria* (Cuadro 1). Estas variaciones de composición del rodal no son consecuencia aparente de los tratamientos silviculturales, sino de la gran diversidad y heterogeneidad de los bosques húmedos tropicales.

### ***Dinámica de la estructura horizontal***

Desde el inicio, las parcelas testigo mostraron un mayor número de individuos (Cuadro 2), debido a que en las mismas existe una mayor cantidad de árboles de diámetros pequeños, en especial en la parcela 8, que como señala Siteo (1992), parece estar en una fase de intensa recuperación de una posible intervención anterior. El análisis de varianza no señaló diferencias significativas en el número de árboles ( $N\ ha^{-1}$ ) entre tratamientos al inicio del estudio, aunque sí al final, tanto para el conjunto de todas las especies, como para el de las especies comerciales. La comparación visual de la distribución diamétrica al interior de cada tratamiento antes y después de la intervención sugiere que hubo un aumento en la primera clase diamétrica (reclutas) del testigo, así como una pérdida de individuos en las siguientes dos clases de los grupos tratados (Anexo 2).

Las parcelas tratadas tenían inicialmente un área basal superior al de las parcelas testigo (Cuadro 2). Una vez más, el análisis de varianza no señala medias significativamente diferentes entre tratamientos en el área basal antes de la intervención silvicultural, aunque sí después de esta en el conjunto de todas de las especie, y en ningún período en el caso de las especies comerciales. La pérdida en área basal fue más drástica en la liberación, ya que se suprimieron árboles en todas las clases de tamaños (especialmente de especies no comerciales), mientras que en las parcelas del dosel protector se eliminaron principalmente árboles pequeños que crecían bajo el dosel (Anexo 2).

El bosque de La Tirimbina muestra valores algo superiores en el número de árboles, aunque bastante similares en área basal, en comparación con otros bosques aprovechados de la misma zona de vida. Para el mismo conjunto diamétrico ( $dap \geq 10\ cm$ ), Morales y Sibaja (1991) reportan promedios de  $334\ individuos\ ha^{-1}$  y  $21,8\ m^2ha^{-1}$  de área basal, en bosques intervenidos de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Para bosques no aprovechados de esta zona, Finegan y Sabogal (1988) reportan valores de  $431\ árboles\ ha^{-1}$  y un área basal de  $29,1\ m^2\ ha^{-1}$ ; mientras que Lieberman y Lieberman (1987) encontraron en promedio  $446\ árboles\ ha^{-1}$  y un área basal de  $27,8\ m^2\ ha^{-1}$ .

En relación con las variables silviculturales observadas en toda la población durante la medición de 1996, se tienen los siguientes porcentajes generales (ver Anexo 3 para los porcentajes por tratamiento):



**Cuadro 2.** Cambios florísticos y estructurales por tratamiento, con base en las mediciones de 1990, 1993 y 1996 (dap  $\geq 10$  cm). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

	Medición* 1990					Reclutas	Medición* 1993					Reclutas	Medición* 1996				
	Apr	Dañ	Trat	Nat			Apr	Dañ	Trat	Nat			Apr	Dañ	Trat	Nat	
<b>Testigo</b>																	
No. especies	178		4	19	-	30	50	179		-	-	-	26	62	183		
Especies/ha	103 (5)		-	-	-	-	-	105 (5)		-	-	-	-	-	109 (10)		
N total/ha	504 (77)		5	20	-	32	44	504 (97)		-	-	-	30	61	533 (94)		
N com./ha	173 (16)		5	4	-	7	17	178 (30)		-	-	-	5	16	189 (36)		
G total/ha	21,9 (1,8)		1,7	0,4	-	1,3	0,4	22,2 (0,7)		-	-	-	1,0	0,7	23,7 (1,1)		
G com./ha	12,8 (2,4)		1,7	0,2	-	0,7	0,2	12,9 (1,6)		-	-	-	0,4	0,2	13,9 (1,7)		
% mortal.***						2,19							1,97				
<b>Liberación</b>																	
No. especies	172		4	19	51	31	42	171		-	1	10	33	71	168		
Especies/ha	100 (9)		-	-	-	-	-	94 (8)		-	-	-	-	-	97 (7)		
N total/ha	483 (77)		2	31	55	32	31	393 (54)		-	1	14	39	79	418 (64)		
N com./ha	178 (55)		2	15	26	9	7	133 (19)		-	-	3	8	24	146 (26)		
G total/ha	25,1 (3,4)		1,0	0,9	5,0	1,4	0,3	18,6 (1,7)		-	0,0	1,5	1,4	0,9	18,8 (1,4)		
G com./ha	15,5 (1,4)		1,0	0,5	2,8	0,7	0,1	11,7 (1,5)		-	-	0,3	0,4	0,3	12,7 (1,3)		
% mortal.***						2,30							3,63				
<b>Dosel Protector</b>																	
No. especies	174		4	19	62	22	42	170		-	-	-	18	59	163		
Especies/ha	109 (12)		-	-	-	-	-	103 (5)		-	-	-	-	-	103 (11)		
N total/ha	495 (45)		4	20	99	25	30	420 (85)		-	-	-	21	70	428 (22)		
N com./ha	195 (8)		4	14	16	14	14	165 (13)		-	-	-	5	29	184 (11)		
G total/ha	22,2 (1,0)		1,6	0,5	2,4	0,8	0,3	20,5 (1,4)		-	-	-	0,9	0,8	21,4 (1,1)		
G com./ha	12,9 (1,5)		1,6	0,4	0,6	0,7	0,2	12,6 (1,1)		-	-	-	0,2	0,3	13,8 (1,3)		
% mortal.***						1,67							1,71				

\*Los valores corresponden a promedios y desviaciones estándar (entre paréntesis) obtenidos a partir de 3 parcelas de 1 ha por tratamiento.

\*\* Mortalidad: Apr = árboles aprovechados (incluye árboles cosechados en 1989 en las PPM 4 y 7), Dañ = muertos por daños causados durante el aprovechamiento, Trat = eliminados con la aplicación del tratamiento, Nat = muertos por causas naturales.

\*\*\* Tasa de mortalidad natural (modelo logarítmico) =  $100 (\log_e N_i - \log_e N_f) / t$ , donde "Ni" es el número inicial de árboles, "Nf" es el número final de árboles (sin incluir reclutas) y "t" es el tiempo (sensu Lieberman y Lieberman 1987).



- Exposición de la copa: luz directa plena o luz directa vertical 18%, luz directa vertical parcial 45% y luz directa baja o nula 37%.
- Forma de copa: perfecta o buena 36%, tolerable 57% y pobre a muy pobre 7%.
- Infestación por lianas: árboles libres de lianas 50%, árboles con pocas lianas en el fuste o copa 40% y árboles con problemas serios de infestación de lianas que podrían afectar su crecimiento 10%.
- Forma del fuste: fustes actualmente maderables 10%, fustes potencialmente maderables 65%, fustes con malformaciones o daños externos visibles por torceduras, rajaduras, ataque de plagas o enfermedades 25%.

### ***Mortalidad y reclutamiento***

De la población original en 1990, murieron 1 227 árboles hasta 1996 en toda el área de estudio. De estos, cerca de un 43% murió por causas consideradas como naturales, un 24% fue cortado durante la aplicación del tratamiento de dosel protector, un 17% fue eliminado por el tratamiento de liberación y un 15% murió por daños causados durante el aprovechamiento. Con respecto al área basal desaparecida en este período (59,09 m<sup>2</sup>), se eliminó un 33% por causas naturales, un 12% con la aplicación del tratamiento dosel protector, un 32% con la aplicación del tratamiento de liberación y un 9% por daños causados por el aprovechamiento.

En el período de 1990 a 1993, la mortalidad total alcanzó promedios de 43 árboles ha<sup>-1</sup> en el testigo, 120 árboles ha<sup>-1</sup> en el tratamiento de liberación y 106 árboles ha<sup>-1</sup> en el de dosel protector, mientras que el período 1994 a 1996, los valores fueron de 30, 54 y 61 árboles ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 2).

Por tratamiento, *F. panamensis* y *M. costaricensis* fueron las especies con mayor número de individuos muertos en el testigo (particularmente en la parcela 8); *Euterpeprecatoria* y *P. maculoba* en la liberación, y *F. panamensis* y *P. maculoba* en el dosel protector. A nivel de toda la población, las especies con mayor mortalidad fueron *F. panamensis*, *P. maculoba*, *M. costaricensis*, *D. paniculata*, *C. arborea* y las palmas *Euterpeprecatoria* y *S. exhorrida*. Todas estas especies ocupan lugares de privilegio en el IVI correspondiente a cada tratamiento (Cuadro 1), debido a que son muy abundantes y frecuentes.

Las tasas de mortalidad natural entre 1990 a 1993 y entre 1993 a 1996 para cada tratamiento (Cuadro 2), están dentro del rango de 1 a 5% que, según Alder (1995), muestran los bosques tropicales que han sufrido disturbios en años recientes. Por su parte, Peralta *et al.* (1987) encontraron tasas anuales promedio de 2.03% en bosques sin intervenir en La Selva, a tan solo 7 km de la finca La Tirimbina, lo cual está muy cercano al 2,19 y 1,97% mostrado por el rodal testigo.



Con base en la población original de 1990, se observan diferentes tendencias en las tasas de mortalidad natural (Anexo 4). En primer lugar, la probabilidad de morir es independiente de la clase diamétrica y del incremento diamétrico, excepto para los árboles con crecimientos diamétricos anuales negativos o nulos. Por otra parte, existe una significativa asociación entre la mortalidad y las variables de exposición a la luz y forma de la copa del árbol muerto. Así, el porcentaje de mortalidad es mayor entre árboles con exposición de intermedia a suprimida, excepto en el dosel protector; posiblemente porque con este tratamiento se eliminaron de antemano gran cantidad de árboles de los estratos inferiores del bosque. Además, el porcentaje de árboles muertos con copa pobre a muy pobre es hasta dos veces mayor que el de los árboles con copa perfecta a regular, excepto en el testigo. Algunos autores (Mervart 1972 citado por Alder 1995, Swaine *et al.* 1987 y Lieberman *et al.* 1985) reportan resultados comparables en estudios conducidos en bosques húmedos tropicales.

Como información adicional, cabe indicar que un 59% de los árboles muertos por causa naturales se encontraban aún en pie al momento de la observación, y de estos un alto porcentaje (63%) pertenecían a la clase diamétrica de 10 a 19 cm.

Para toda el área estudiada, los individuos reclutados en la clase diamétrica  $\geq 10$  cm corresponden a 127 especies, de las cuales 29 son comerciales (19 heliófitas durables y 10 esciófitas). Las especies más representadas entre los reclutas son *Ferdinandusa panamensis* (8% del total), *Pentaclethra maculosa* (7%), *Laetia procera* (6%), *Miconia punctata* (5%), *Casearia arborea* (5%) y *Pourouma bicolor* (3%). Sin embargo, los individuos de estas especies no se distribuyen de manera uniforme en toda el área: el 93% de los ingresos de *F. panamensis* y el 75% de *L. procera* proceden de las parcelas testigo (en especial de la parcela 8, donde el reclutamiento se concentra a lo largo de un viejo camino de extracción); alrededor del 50% de los ingresos de *M. punctata* se encuentran en las parcelas del tratamiento liberación, e igual proporción de reclutas de *C. arborea* y *P. bicolor* aparecen en las parcelas del tratamiento dosel protector.

Los valores de reclutamiento muestran también dos períodos marcados: entre 1991 y 1993, los reclutas alcanzaron un promedio de 44, 31 y 30 árboles  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  en las parcelas testigo, liberación y dosel protector, respectivamente; mientras que entre 1994 y 1996, los promedios son de 61, 79 y 70 árboles reclutados  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  para los mismos grupos de parcelas (Cuadro 2).



---

# Crecimiento del rodal

## *Crecimiento diamétrico y basimétrico*

En los Cuadros 3a y 3b se presentan resúmenes de los valores de los incrementos diamétricos medianos observados durante cada año de medición (incremento corriente anual), así como para dos períodos de interés (incremento periódico anual), por tratamiento. En el Anexo 5 se muestran los diferentes momentos de la distribución de los incrementos diamétricos (rango, mediana, promedio y valores extremos).

Como se ha reportado en estudios similares (Lieberman y Lieberman 1987, Kohyama y Hara 1989, Sheil 1995), se observa en todos los tratamientos y en todas las clases diamétricas una amplia variación en los incrementos, con distribuciones asimétricas y sesgos positivos, donde los valores promedios, modales y medianos están más cerca del valor mínimo que del máximo y los valores mediano y modal son generalmente inferiores al promedio. Es así como los incrementos diamétricos —a nivel de la población, por ejemplo— oscilan entre -2 y 48 mm año<sup>-1</sup>, con medianas entre 3 y 5 mm año<sup>-1</sup> y promedios entre 3,5 y 6,4 mm año<sup>-1</sup>.

Entre los individuos de especies no comerciales se obtuvieron incrementos medianos entre 1 y 3 mm año<sup>-1</sup>, mientras que en el grupo de especies comerciales (así como en el grupo de futura cosecha) se obtuvieron incrementos medianos anuales en un rango de 4 y 9 mm año<sup>-1</sup>. De hecho, el grupo de las especies comerciales está conformado por especies del dosel, con copas mejor expuestas a la luz y posiblemente mejor conformadas; y como se verá adelante, los individuos en cada una de estas categorías reportan los mayores incrementos.

La comparación entre testigo y tratamientos (Cuadro 3 a) revela que no se reportaron diferencias significativas en el crecimiento diamétrico mediano durante los tres primeros años de medición (de 1990 a 1993). Los incrementos de 1988-89 y de 1989-90, aunque provienen de dos parcelas permanentes del testigo y solo una de la liberación, permiten confirmar que aún antes del aprovechamiento, el rodal testigo y el tratado crecían a un ritmo similar. Sin embargo, los incrementos medianos obtenidos a partir de las tres últimas mediciones (de 1993 a 1996) fueron significativamente más bajos en el testigo que en los tratamientos, excepto para las especies no comerciales. Cabe señalar que, aunque los rodales tratados presentaron incrementos diamétricos estadísticamente similares durante los últimos años del estudio, las medianas de la liberación son siempre más altas que las del dosel protector .



**Cuadro 3a.** Incrementos diamétricos medianos anuales (mm/año) y comparación entre tratamientos, para diferentes grupos de árboles (dap  $\geq 10$  cm). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

Todos los árboles medidos						Arboles de especies no comerciales				
Año	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*
1988-89 **	3	2	-	-	-	2	2	-	-	-
1989-90 **	3	2	-	-	-	2	1	-	-	-
1990-91	2	2	3	2,667	0,263	2	1	2	5,600	0,060
1991-92	3	3	-	0,006	0,899	2	2	-	1,001	0,317
1992-93	3	4	3	1,524	0,466	2	3	2	2,667	0,263
1993-94	3	5	3	7,000	0,030	2	3	2	4,500	0,105
1994-96	2	4	3	7,015	0,030	1	3	2	7,000	0,030

Arboles de especies comerciales					Arboles de futura cosecha					
Año	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*
1988-89 **	4	4	-	-	-	4	4	-	-	-
1989-90 **	5	4	-	-	-	5	4	-	-	-
1990-91	5	4	5	1,227	0,541	5	4	5	3,269	0,195
1991-92	5	5	-	2,722	0,099	5	5	-	0,069	0,796
1992-93	5	6	6	2,789	0,248	5	7	6	2,976	0,225
1993-94	5	8	7	6,997	0,030	5	9	7	6,098	0,047
1994-96	4	7	6	7,000	0,030	4	7	6	6,000	0,049

\* Prueba de Kruskal-Wallis P: Probabilidad, N = 3 repeticiones por tratamiento.

\*\* Para los años 1988-89 y 1989-90, el valor mediano se obtuvo de una y dos parcelas permanentes para la Liberación y el testigo, respectivamente.

**Cuadro 3b.** Incrementos diamétricos medianos (mm/año) para dos períodos de medición y comparación entre tratamientos, para diferentes grupos de árboles (dap  $\geq 10$  cm). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

	1990-1993					1993-1996				
	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*	Testigo	Liberac.	Dosel	H*	P*
Todos los árb.	3	3	3	0,603	0,739	2	4	3	6,742	0,034
No comerciales	2	2	2	0,630	0,734	1	3	2	3,466	0,178
Comerciales	5	5	6	2,111	0,348	4	7	6	6,764	0,033
Futura cosecha	5	5	6	1,332	0,513	5	7	6	6,054	0,048

\* Prueba de Kruskal-Wallis, P: Probabilidad / N = 3 repeticiones por tratamiento.



Las diferencias globales permiten establecer dos períodos de crecimiento para los grupos de interés (excepto en las especies no comerciales): de 1990 a 1993 los crecimientos diamétricos no se diferencian entre el testigo y los tratamientos; y de 1993 a 1996 el rodal ha reaccionado a la intervención silvicultural practicada, lo que se demuestra con incrementos diamétricos significativamente más altos a los del testigo (Cuadro 3b). Para las especies no comerciales, los datos sugieren que los tratamientos silviculturales no han tenido efecto sobre su crecimiento diamétrico, en ningún período del estudio.

No hay diferencias marcadas en el porcentaje de árboles en las diferentes categorías de exposición a la luz entre los tratamientos y el testigo (Anexo 3), lo cual puede sugerir que los mayores incrementos diamétricos reportados en los rodales tratados se dieron como una respuesta a la liberación de la competencia más a nivel del suelo que a nivel de copas.

La reacción positiva del rodal tratado, en especial bajo la liberación, confirma las expectativas del silvicultor al aplicar un tratamiento silvicultural: estimular las tasas de crecimiento de las especies de interés en las áreas de producción forestal. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio son preliminares y deben interpretarse con cautela, en especial al observar una pequeña, aunque importante disminución del incremento corriente anual en el último período de medición, en todos los grupos analizados (Cuadro 3a). Otros estudios con más años de seguimiento (Primack *et al.* 1985, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995) han demostrado que después de un cierto tiempo, que puede ser tan corto como tres años, el incremento declina a medida que el dosel se cierra. Se considera, no obstante, que faltan más años de seguimiento para comprobar realmente esta tendencia, pues la disminución del incremento del último año en todo el área (tratada y testigo) podría también responder a factores ambientales temporales (ver Clark y Clark 1994).

Por clases diamétricas, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los incrementos diamétricos medianos entre tratamientos, para el primer período de medición (1990-1993). En el segundo período (1993-1996), las diferencias fueron significativas con mayores incrementos en el tratamiento liberación, seguido por el dosel protector (Anexo 6).

En relación con el crecimiento en área basal (Cuadro 4), la prueba de Kruskal-Wallis indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, en ningún período considerado. Podría ser que la menor área basal que mostraban las parcelas testigo al inicio del estudio fuera producto de un disturbio ocurrido en años anteriores al inicio de este estudio, por lo que estas parcelas se encuentran actualmente en plena recuperación de su área basal original, enmascarando así posibles diferencias en el incremento del resto del área que sí recibió tratamiento.



**Cuadro 4.** Incrementos basimétricos medianos absolutos ( $m^2/ha^{-1}/año$ ) y relativos (% de G inicial), para dos períodos de medición (1990-1993 y 1993-1996) y comparaciones entre tratamientos para diferentes grupos de árboles ( $dap \geq 10$  cm). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

	Período	Inc. basimétrico abs. ( $m^2/ha^{-1}/año$ )					Inc. basimétrico rel. (% de G inicial)				
		Tes	Lib	Dos	H*	P*	Tes	Lib	Dos	H*	P*
Todos los árboles	1990-93	0,66	0,48	0,65	5,60	0,060	3,2	2,1	3,0	5,60	0,060
	1993-96	0,62	0,56	0,67	0,62	0,732	3,0	3,5	3,3	2,76	0,252
Especies no comerciales	1990-93	0,24	0,12	0,19	3,20	0,201	3,0	1,9	2,5	3,47	0,176
	1993-96	0,20	0,15	0,13	1,87	0,393	2,5	3,0	2,2	3,20	0,202
Especies comerciales	1990-93	0,41	0,35	0,47	5,61	0,060	3,4	2,3	3,3	5,42	0,066
	1993-96	0,42	0,42	0,53	0,80	0,670	3,3	4,0	3,9	1,87	0,393
Árboles futura cos.	1990-93	0,34	0,31	0,36	2,75	0,252	3,4	2,2	3,4	5,42	0,066
	1993-96	0,36	0,35	0,41	0,09	0,956	3,4	4,0	4,3	3,2	0,202

\* Prueba de Kruskal-Wallis / P: probabilidad / N = 3 repeticiones por tratamiento

### **Relación entre los incrementos diamétricos y algunas variables silviculturales**

Se compararon los incrementos diamétricos en relación con cinco variables silviculturales: posición del árbol maduro de la especie en el estrato arbóreo, exposición a la luz, forma de la copa, infestación de lianas en el tronco y la copa del árbol y clase diamétrica inicial. Los datos del Cuadro 5 ponen en evidencia que, en términos generales, los mayores incrementos se obtienen entre: a) las especies del dosel y el subdosel, b) los árboles con iluminación de excelente a muy buena, c) los árboles cuyas copas forman un círculo completo o algo asimétrico y d) los árboles que se encuentran libres o casi libres de lianas. Asimismo, el análisis de correlación permitió verificar la fuerte relación lineal que se establece entre el incremento diamétrico y las cuatro primeras variables silviculturales. La ausencia de correlación lineal entre el diámetro inicial y el incremento diamétrico se debe a que, como señala Siteo (1992), esta relación es curvilínea. Por otra parte, se comprobó una relación significativa entre la luz recibida por la copa y la forma de la misma (Spearman  $r = 0,301$ ,  $P = 0,0001$ ,  $N = 1\ 282$ ).

Otros estudios realizados en bosques húmedos tropicales han permitido igualmente demostrar una significativa correlación entre el incremento de los árboles y las características de sus copas (Dawkins 1963, Synnott 1978, Peralta *et al.* 1987, Clark y Clark 1990, Mejía 1994, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995), así como entre dicho incremento y la posición sociológica de los árboles adultos de la especie (Lieberman y Lieberman 1987).



**Cuadro 5.** Incremento diamétrico mediano (mm/año) de todos los individuos con dap  $\geq 10$  cm, para dos períodos de medición (1990-1993 y 1993-1996), en función de cinco variables silviculturales. Bosque aprovechado Finca La Tirimbina

	Testigo		Liberación		Dosel Prot.	
	90-93	93-96	90-93	93-96	90-93	93-96
<b>Posición sociológica</b>						
1. Dosel	5	4	5	7	5	5
2. Subdosel	3	2	3	4	4	4
3. Intermedio	2	1	2	2	2	1,5
4. Sotobosque	1	0	1	1	1	0,5
Coef. correlación Spearman	0,8088	0,8793	0,9648	0,9290	0,7169	0,9165
<i>P</i>	0,0014	0,0002	0,0001	0,0001	0,0087	0,0001
<i>N</i>	12	12	12	12	12	12
<b>Exposición de la copa</b>						
1. Emergente	5	3	6	7	6,5	3
2. Luz vertical	5	5	3	5	5	5,5
3. Luz lateral	3	3	4	5	4	4
4. Luz moderada	2	1	3	2	2	2
5. Sin luz directa	1	1	2	1	1	1
Coef. correlación de Spearman	0,9549	0,8874	0,8698	0,8029	0,8807	0,8697
<i>P</i>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001
<i>N</i>	15	15	15	15	15	15
<b>Forma de la copa</b>						
1. Perfecta	6	8,5	7	8	12	12
2. Buena	4	3	5	7	7	6,5
3. Tolerable	3	2	3	4	3	3
4. Pobre	1	0	2	1	1	1
5. Muy pobre	0	0	1	1	0	0
Coef. correlación Spearman	0,9468	0,6752	0,8807	0,9447	0,9549	0,9471
<i>P</i>	0,0001	0,0057	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
<i>N</i>	15	15	15	5	15	15
<b>Infestación por liana</b>						
1. Sin lianas	4	3	4	6	4	4
2. Lianas en fuste	3	2	3	4	3	2
3. Lianas en copa	1,5	2	2	3	2	1
4. Fuste + copa, pocas	1	1	2	2	1	1
5. Fuste + copa, muchas	1	1	1	2	1	1
Coef. correlación de Spearman	0,6853	0,7619	0,9337	0,9287	0,9668	0,9067
<i>P</i>	0,0099	0,0025	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
<i>N</i>	13	13	14	14	15	15
<b>Clase diamétrica inicial (cm)</b>						
1. 10-19	3	2	3	4	2	2
2. 20-29	3	2	4	6	4	4
3. 30-39	4	4	4	6	5	4
4. 40-49	4	3	4	4	5	5
5. >50	4	2	4	5	5	3
Coef. correlación Spearman	0,1439	0,2019	0,0556	0,1929	0,3606	0,0618
<i>P</i>	0,5446	0,3922	0,8105	0,4020	0,1082	0,7900
<i>N</i>	21	21	21	21	21	21



## *Agrupamiento de especies según su velocidad de crecimiento*

Los grupos de gremios ecológicos establecidos con base en las necesidades de luz para la regeneración, no siempre presentan una fuerte relación con los incrementos diamétricos en árboles con  $dap \geq 10$  cm (Alder 1995). Los agrupamientos con base en el valor comercial de las especies son menos confiables, pues no reflejan realidades biológicas, sino el comportamiento, en gran medida caprichoso, del mercado de la madera. Por lo tanto, se adoptó la estrategia definida por Alder (1995) de agrupar las especies de acuerdo con sus de los incrementos diamétricos.

[ Como medida del incremento diamétrico se utilizó el primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil del conjunto de incrementos periódicos de 1993 a 1996 para cada especie, cuya abundancia fuera mayor o igual a un árbol por hectárea. Se eligió este periodo ya que fue durante estos años que se observaron diferencias estadísticamente significativas en el incremento diamétrico entre tratamientos. ]

Por medio del Análisis de Conglomerados se agruparon las especies en cuatro, cinco y seis grupos de "velocidad de crecimiento" por tratamiento. Posteriormente, la comparación de medias por la prueba de Tukey indicó que las mayores disimilitudes entre grupos se dan al integrar cinco grupos.

Los coeficientes de correlación de la primera variable canónica (CAN1) de la estructura del Análisis Canónico Discriminante indican que existe una muy alta correlación entre las variables que caracterizan el incremento ( $0,99 < R^2 > 0,88$ ). Sin embargo, los coeficientes de correlación más altos pertenecen siempre al tercer cuartil, lo cual sugiere que esta variable tiene mayor poder discriminatorio y que por lo tanto, la conformación de los grupos puede estar afectada por valores muy altos de la misma. La graficación de las variables canónicas permite visualizar la conformación de los cinco grupos mencionados.

El agrupamiento final de las especies en cinco grupos de "velocidad de crecimiento" se presenta en el Anexo 7. Se debe anotar que el Análisis de Discriminantes, usado como un criterio de reclasificación de los grupos, dio como resultado la reubicación de algunas especies, las cuales se señalan con un asterisco en dicho cuadro.

De manera general, se puede decir que el grupo 1, de muy lento crecimiento, posee incrementos medianos nulos o hasta  $2 \text{ mm año}^{-1}$ , donde el incremento del tercer cuartil no excede los  $4 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 2, de lento crecimiento, se ubican las especies con medianas entre  $1$  y  $6 \text{ mm año}^{-1}$ , pero con incrementos en el tercer cuartil de hasta  $6 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 3, de moderado crecimiento, se encuentran especies con incrementos medianos entre  $2$  y  $8 \text{ mm año}^{-1}$ , donde los valores del tercer cuartil son mayores a  $9 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 4, de rápido crecimiento, los incrementos medianos van de  $6$  a  $11 \text{ mm año}^{-1}$ , con valores del tercer cuartil mayores a  $11 \text{ mm año}^{-1}$ .



Finalmente, en el grupo 5, de muy rápido crecimiento, se ubican las especies que presentan incrementos medianos mayores a  $11,5 \text{ mm año}^{-1}$  y los valores del tercer cuartil alcanzan hasta  $24 \text{ mm año}^{-1}$ .

┌ La mayor parte de las especies de muy lento a lento crecimiento son especies de sotobosque o del dosel inferior, mientras que las de más rápido crecimiento son, casi en su totalidad, especies de los doseles intermedio y superior. Este resultado es comparable al encontrado por Lieberman y Lieberman (1987), en el sentido de que las especies del sotobosque son todas de lento crecimiento, mientras que las del dosel superior crecen más rápidamente, aunque con mayor variabilidad. ┐

Especies de porte pequeño o mediano, del sotobosque o intermedias, tales como *Ardisia palmana*, *Capparis pittieri*, *Colubrina spinosa*, *Dystovomita paniculata*, *Faramea occidentalis*, *Lonchocarpus oliganthus*, *Posoqueria latifolia* y *Warscewiczia coccinea* se distinguen por pertenecer en cualquier tratamiento al grupo de más lento crecimiento, con incrementos medianos que no superan los  $2,5 \text{ mm año}^{-1}$ . Algunas excepciones, como *Casearia arborea*, *Ferdinandusa panamensis*, *Miconia punctata* y algunos *Protium*, muestran incrementos medianos superiores a los  $5 \text{ mm año}^{-1}$ , especialmente en el tratamiento liberación.

Otras especies, típicas de los doseles superiores del bosque, como *Vochysia ferruginea*, *Simarouba amara*, *Jacaranda copaia*, *Stryphnodendron microstachyum*, *Balizia elegans*, entre las comerciales, así como *Croton smithianus*, *Hampea appendiculata* y algunas *Inga*, reportan incrementos medianos superiores a  $12 \text{ mm año}^{-1}$ , los cuales pueden considerarse excepcionalmente altos.

Esta tendencia está en total concordancia con el reporte de Peralta *et al.* (1987), para un bosque no alterado por el aprovechamiento en La Selva, a 7 km de La Tirimbina. Dichos autores encontraron las tasas más altas de crecimiento mediano entre las especies del dosel y las más bajas en especies de sotobosque, con gran cantidad de especies afines al presente estudio. Sin embargo, sus crecimientos medianos más elevados son apenas similares a los encontrados en las parcelas testigo de La Tirimbina, y están por debajo de los de las parcelas tratadas.

La ubicación de una especie en un grupo dado de crecimiento en el testigo y en otro superior en un tratamiento permite sugerir que la intervención silvicultural produjo una reacción positiva. Este es el caso de *Pentaclethra macroloba*, *Tapirira guianensis*, *Pterocarpus hayessi*, *Dendropanax arboreus* y *Pourouma minor*, entre las comerciales, y *Apeiba membranacea* entre las no comerciales, en el tratamiento de liberación y de *Vochysia ferruginea* y *Stryphnodendron microstachyum* en el dosel protector.

Un análisis de correlación efectuado para los diferentes grupos de velocidad de crecimiento por tratamiento, en función de cinco variables silviculturales (Anexo 8), muestra que el incremento del período 1993-1996 no tiene una correlación significativa con el diámetro inicial, excepto para el grupo 2 del testigo, los grupos 2 y 4 del tra-



tamiento de liberación y el grupo 3 del dosel protector. Además el estrato arbóreo de madurez de la especie considerada no muestra una asociación significativa con el grupo de crecimiento en el período estudiado. Por otra parte, se hace evidente la fuerte relación entre el grupo de crecimiento y la iluminación en el testigo y en el tratamiento dosel protector. La forma de la copa de los individuos parece tener relación con el grupo de crecimiento solo entre los individuos de moderado a muy lento crecimiento. En cuanto a la infestación por lianas, la relación es más significativa en el tratamiento dosel protector.

### *Crecimiento de árboles de futura cosecha*

El cuadro 6 muestra la distribución de los incrementos obtenidos en el período de estudio 1993-96, para los individuos de futura cosecha, de acuerdo con las velocidades de crecimiento identificadas para la especie.

En las parcelas testigo existen en promedio 114 árboles  $\text{ha}^{-1}$  de futura cosecha. Considerando el número de árboles por cuartil (tercera columna del Cuadro 6) y sus correspondientes incrementos diamétricos por cuartil, se puede decir que el 35% de los árboles de futura cosecha en las parcelas testigo muestran velocidades de crecimiento de rápida a muy rápida, 25% muestran velocidades de crecimiento moderada y el restante 44% presentan velocidades de lento, muy lento o ningún crecimiento.

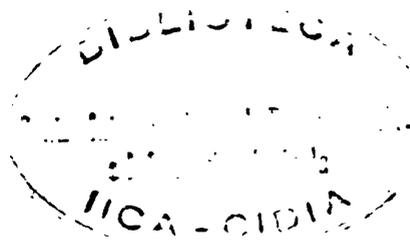
En el tratamiento de liberación, el promedio de árboles de futura cosecha es de 87 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , cifra inferior a la de las parcelas testigo debido a que durante el tratamiento fue necesario eliminar individuos de buen porte o con copas bien formadas, cuando competían con árboles que presentaban mejores características silviculturales. De este total, más de la mitad (51%) se ubican en las velocidades de crecimiento rápida a muy rápida, un 32% en crecimiento moderado y el resto (17%) en las de crecimiento lento.

En el tratamiento de dosel protector, el promedio de árboles de futura cosecha es de 86 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , cifra similar al del tratamiento liberación e inferior al de las parcelas testigo, como consecuencia del tratamiento aplicado. De estos, el 45% muestra velocidades de crecimiento de rápida a muy rápida, un 23% se presenta con crecimiento moderado y el resto (32%) con crecimientos lentos a muy lento o nulos.



**Cuadro 6.** Distribución de los incrementos del período 1993-96, para los individuos de futura cosecha, de acuerdo con las velocidades de crecimiento identificadas para la especie. Bosque aprovechado Finca La Tirimbina.

Grupo de crecimiento	Abun. N/ha	N/ha/cuartil	Inc. medio (mm/año)	Inc. 1° cuartil (mm/año)	Inc. mediano (mm/año)	Inc. 3° cuartil (mm/año)
<b>Testigo</b>						
1. Muy lento	20	5	2,2	0,0	2,0	3,0
2. Lento	29	7	4,3	2,0	3,0	7,0
3. Moderado	60	15	7,0	3,0	7,0	10,0
4. Rápido	0	0	-	-	-	-
5. Muy rápido	5	1	14,1	9,0	15,5	19,0
<b>Liberación</b>						
1. Muy lento	0	0	-	-	-	-
2. Lento	26	6	4,2	1,0	4,0	6,0
3. Moderado	11	3	8,4	3,0	8,0	11,0
4. Rápido	43	11	10,6	6,0	10,0	14,5
5. Muy rápido	7	2	15,4	10,0	15,0	21,0
<b>Dosel Protector</b>						
1. Muy lento	2	0,5	2,6	0,0	1,0	6,0
2. Lento	29	7	4,5	2,0	4,0	6,0
3. Moderado	39	10	8,6	4,0	8,0	13,0
4. Rápido	9	2	10,1	6,0	10,5	13,0
5. Muy rápido	7	2	17,1	12,0	16,5	20,0





---

## Conclusiones

- El bosque aprovechado de la finca La Tirimbina es un bosque típico de la zona noratlántica de Costa Rica, en términos de su composición florística y estructura horizontal. Sin embargo, en su interior presenta variaciones estructurales, producto de diferentes aprovechamientos comerciales, así como de los tratamientos silviculturales aplicados
- Como se conoce de otros estudios, los incrementos diamétricos presentan amplia variación, con distribuciones asimétricas y sesgos positivos, valores promedios, medianos y modales más cercanos al valor mínimo que al máximo y valores medianos y modales inferiores al promedio.

Para el periodo 1990-1993, los incrementos diamétricos medianos observados en las parcelas tratadas son estadísticamente similares a los de las parcelas testigo. Para el período posterior a la intervención silvicultural (1993-1996), las parcelas tratadas, en especial las de la liberación, presentan incrementos diamétricos significativamente más altos que los del testigo.

- De las variables silviculturales analizadas, la forma de la copa y exposición a la luz parecen tener la mayor relación con el incremento diamétrico, seguido por la infestación de lianas y el estrato arbóreo de madurez de la especie. La forma del fuste y el diámetro inicial no mostraron una correlación significativa con el incremento diamétrico.
- Los incrementos diamétricos demuestran que el rodal tratado está creciendo a una tasa superior a la del testigo. Dichos tratamientos han afectado el crecimiento de las especies comerciales y por ende, de los árboles de futura cosecha, pero no de las especies no comerciales.
- La conveniencia de aplicar un tratamiento silvicultural debe evaluarse por medio de simulaciones, tomando en cuenta incrementos, abundancias de árboles de futura cosecha, regeneración natural y criterios económicos.
- La experiencia generada reafirma la conveniencia de desarrollar un agrupamiento estadísticamente robusto de las especies con base en sus incrementos, para un posterior paso hacia el modelaje del crecimiento de los árboles comerciales del bosque húmedo de tierras bajas de Costa Rica.



## Bibliografía

- ALDER, D.** 1995. Growth modelling for mixed tropical forests. Oxford Forestry Institute. England. 231 p.
- ALDER, D. ; SYNNOT, T.J.** 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forests. Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Paper 25. 124 p.
- BAUR, G.** 1968. The ecological basis of rain forest management. Sydney, Australia, FAO. 499 p.
- CASTILLO, A.** 1994. Análisis de la composición y estructura horizontal de un bosque aprovechado selectivamente en la zona de Río San Juan, Nicaragua. Tesis Lic. Universidad Centroamericana, Nicaragua. 83 p.
- CLARK, D.A.; CLARK, D.B.** 1990. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiephytes in a Costa Rican tropical wet forest. *Journal of Tropical Ecology* 6:321-331.
- CLARK, D.A.; CLARK, D.B.** 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Ecology* 82: 865-872.
- COMISION CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO.** 1991. Plan de Acción Forestal Tropical para Centroamérica (PAFT-CA). 117 p.
- CURTIS, J.F.; McINTOSH, R.P.** 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-450.
- DAWKINS, H.C.** 1958. The management of the natural tropical high forest with special reference to Uganda Imperial Forestry Institute, University of Oxford. 155 p.
- DAWKINS, H.C.** 1963. The productivity of tropical high forest trees and their reaction to controllable environment. University of Oxford, Ph.D. Thesis. 111 p + app.
- De GRAAF, N.R.** 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen, The Netherlands. 250 p.
- FINEGAN, B.; SABOGAL, C.** 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasquí* 18: 16-24.
- HUTCHINSON, I.** 1987. Improvement thinning in natural tropical forests: aspects and institutionalization. *In: Natural management of moist forests.* Mergen F.; Vincent, J. (ed), Yale University, School of Forestry and Environmental, E.U. pp: 113-133.
- JONKERS, W.B.J.** 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in tropical rain forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 172 p.
- KOHYAMA, T.; HARA, T.** 1989. Frequency distribution of tree growth rate in natural forest stands. *Annals of Botany* 64: 47-57.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R.; HARTSHORN, G.** 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 73p.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.** 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology* 3: 347-358.
- MARTINEZ, H.; De CAMINO, R.** 1990. El manejo de bosques húmedos tropicales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto MADELENA. 108 p.
- MANTA, M.I.** 1988. Análisis silvicultural de dos tipos de bosques húmedos de bajura en la vertiente atlántica de Costa Rica. Turrialba, Tesis M.Sc., CATIE. 150 p.
- MEJIA C., A. C.** 1994. Análisis del efecto inicial de un tratamiento de Liberación sobre la regeneración establecida en un bosque húmedo tropical aprovechado en Río San Juan, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. 68 p. + anexos.



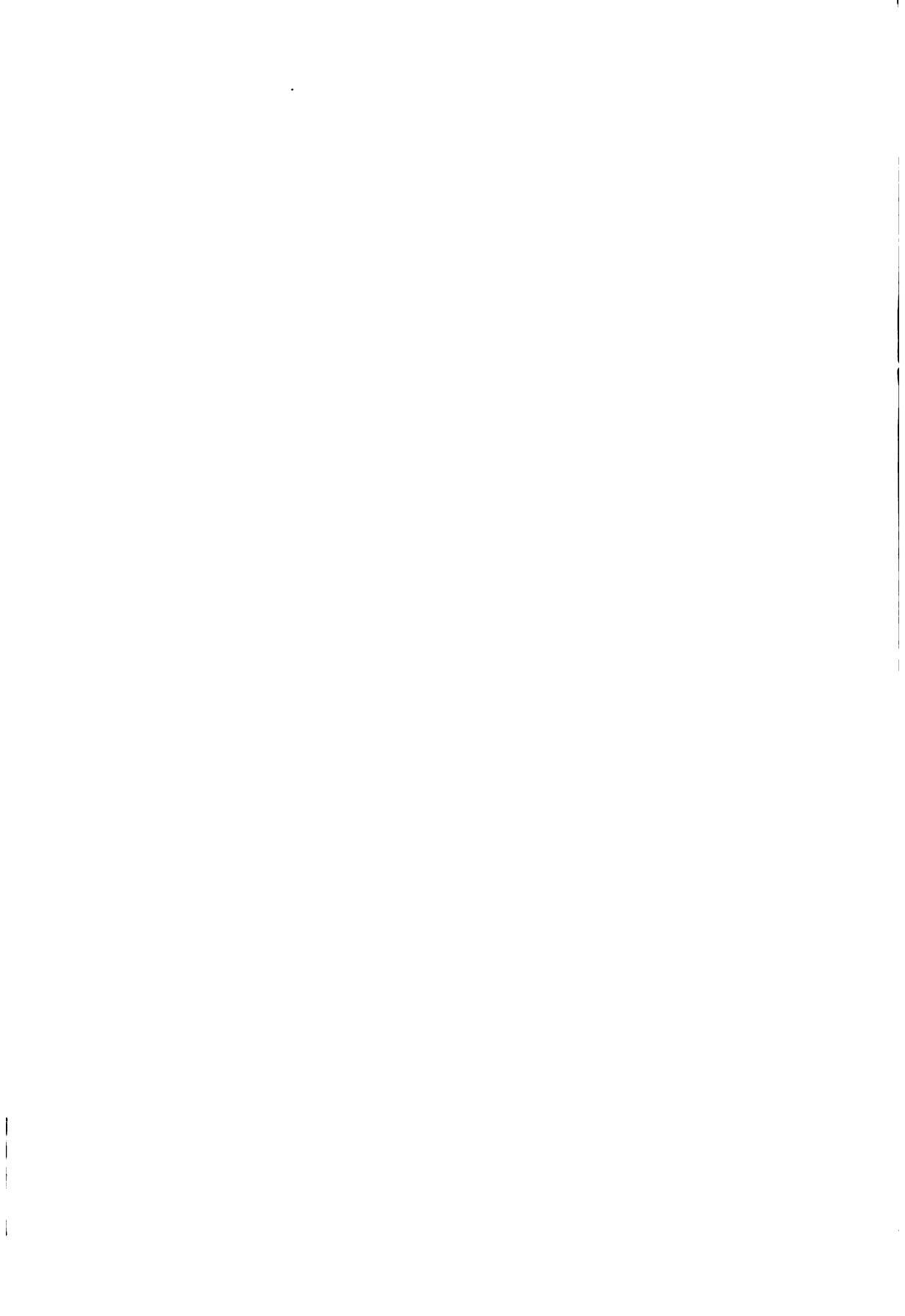
- MORALES, D.; SIBAJA, A.** 1994. Propuesta para la aplicación de tratamientos silviculturales en bosques húmedos intervenidos. Informe Técnico No. 44. COSEFORMA, Costa Rica.
- PALMER, J.R.; SYNNOTT, T.J.** 1992. The management of natural forests. In Sharma, N.P. (ed). *Managing the world's forests*. USA. pp: 337 - 373.
- PERALTA, R.; HARTSHORN, G.S.; LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, D.** 1987. Reseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 35 (supl. 1): 23-40.
- POORE, P.; BURGESS, P.; PALMER, J.; RIETBERGEN, S.; SYNNOTT, T.** 1989. No timber without trees: sustainability in the tropical forest. A study of ITTO. Earthscan Publishers, London. 252 p.
- PRIMACK, R.B.; ASHTON, P.S.; CHAI, P; LEE, H.S.** 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak. *Ecology* 66: 577-588.
- QUIROS, D.; FINEGAN, B.** 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: definición de un plan operacional y resultados de su aplicación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 225. 25 p.
- QUIROS, D.; MENDEZ, J.** (en prep.). Tratamientos silviculturales post cosecha mejorada en la Región Huetar Norte de Costa Rica.
- QUIROS, D.; GOMEZ, M.** (en prep.) Manejo sustentable de un bosque natural en Costa Rica. II. Análisis financiero.
- SANCHEZ S.; M. J.** 1995. Estudio de crecimiento y rendimiento en un bosque secundario y su aplicación a la elaboración de un Plan de Manejo, San Isidro, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. 96 p. + anexos.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE INC.** 1985. SAS version 6 ed.: software and manuals. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- SHEIL, D.** 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *Forest Ecology and Management* 77: 11-34.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; LOPES, J. do C.A.; ALMEIDA, B.F. de; COSTA, D.H.M.; OLIVEIRA, L.C. de; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P.** 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazonas 13 years after logging. *Forest Ecology and Management* 71: 267-274.
- SITOE, A.A.** 1992. Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical bajo diferentes intensidades de intervención. Tesis M Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E.** 1987. The dynamics of tree population in tropical forests: a review. *Journal of Tropical Ecology* 3:359-366.
- SYNNOTT, T.J.** 1978. Tropical rain forest silviculture: a research project report. C.F.I. Occasional Papers # 10. Oxford, U.K. 45 p.
- SYNNOTT, T.J.** 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forest. C.F.I., Oxford, U.K. Tropical Forestry Papers # 14. 67 p.
- VANCLAY, J.** 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford, U.K. 280 p.
- ZAMORA, N.; ARTAVIA, M.; DELGADO, D.** (en prep.). Especies vegetales de un bosque tropical húmedo primario manejado, Finca La Tirimbina, noreste de Costa Rica. 12 p.



---

## *Anexos*

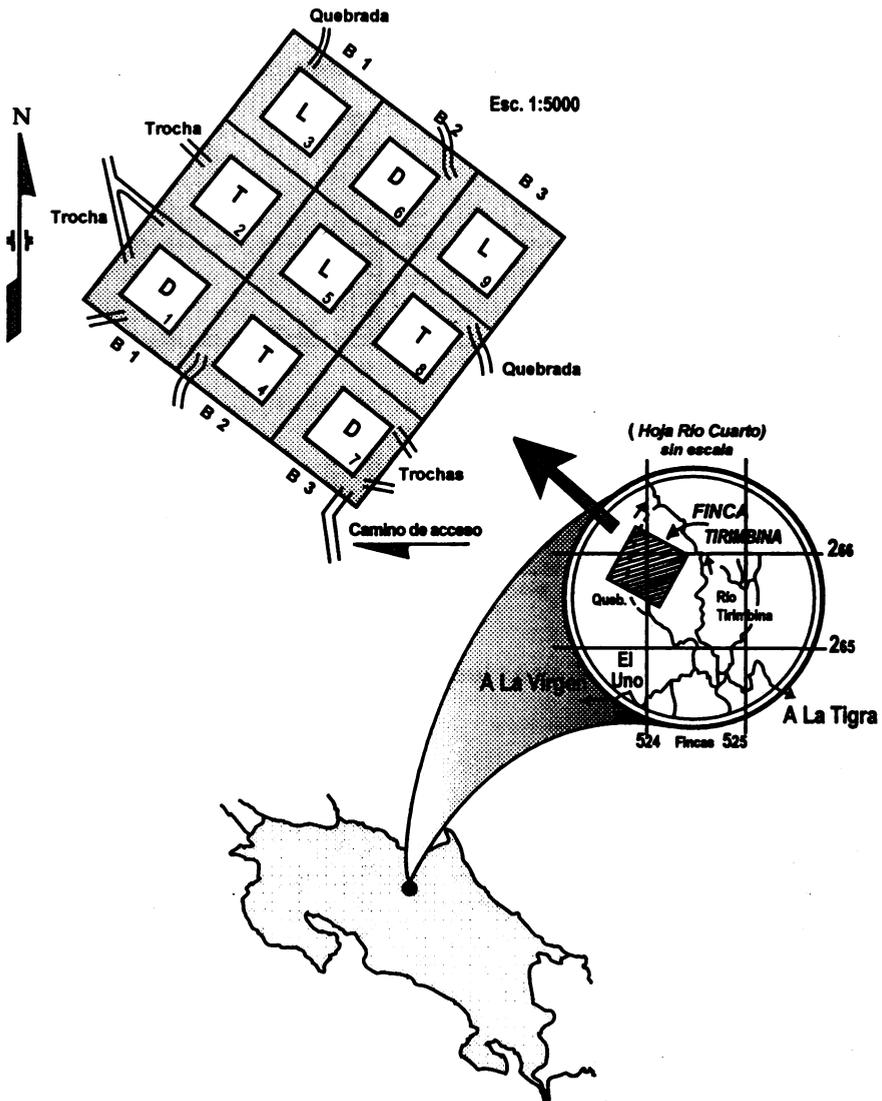
---





## Anexo 1

### Ubicación de las parcelas permanentes de medición en la Finca La Tirimbina



T: parcelas Testigo (2-4-8)

L: parcelas del tratamiento Liberación con Refinamiento Parcial (3-5-9)

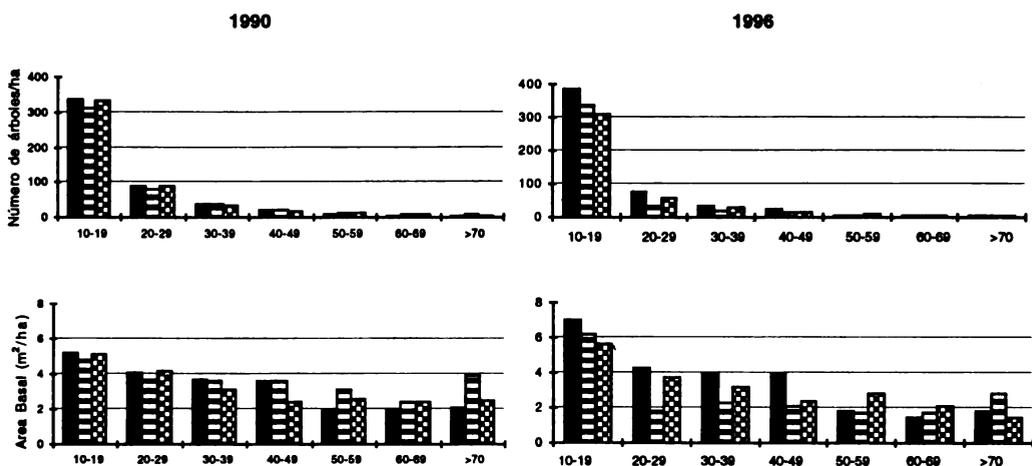
D: parcelas del tratamiento Dosel Protector (1-6-7).



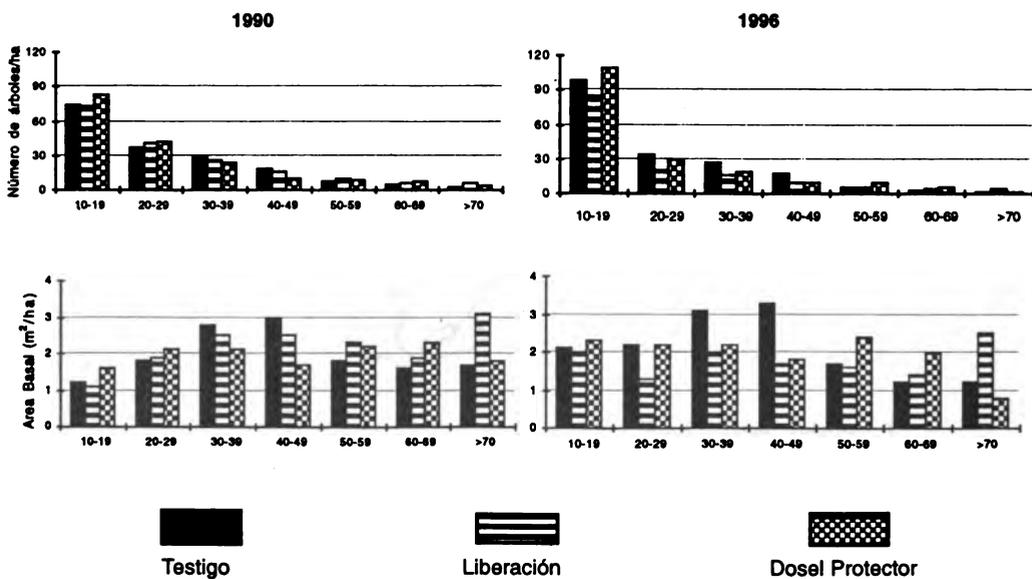
## Anexo 2

Distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal ( $dap \geq 10\text{cm}$ ), al Inicio y al final del estudio, bosque aprovechado Finca La Tirimbina

### Todas las especies



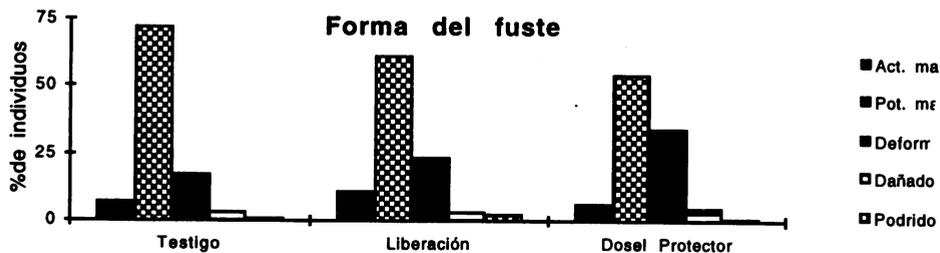
### Especies Comerciales





### Anexo 3

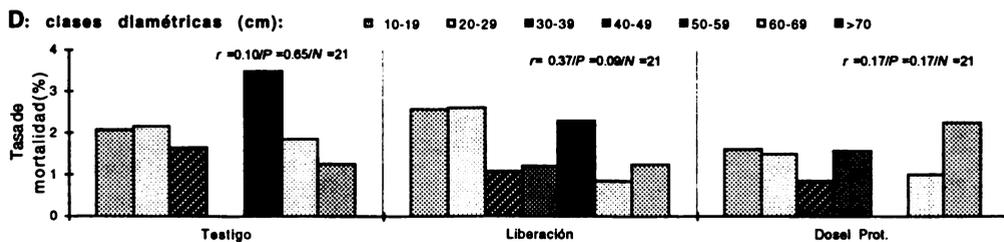
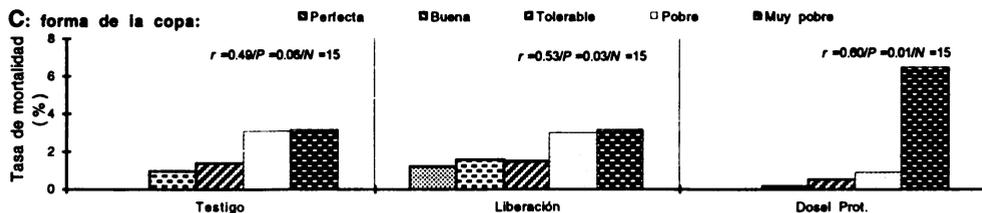
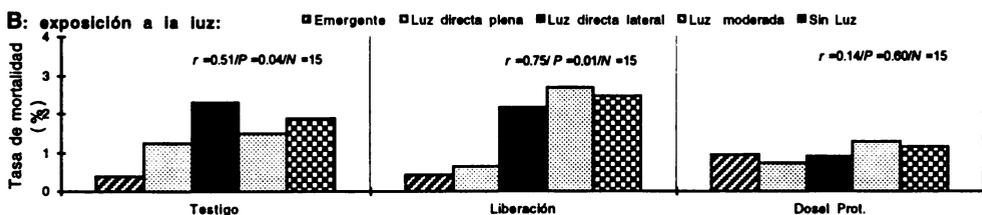
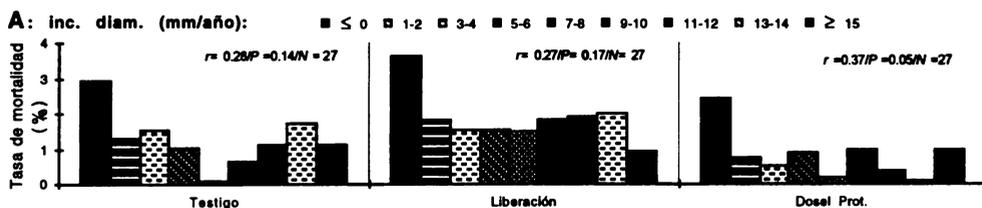
Distribución del número de individuos ( $dap \geq 10$  cm), por variable silvicultural evaluada en 1996, bosque aprovechado Finca La Tirimbina





## Anexo 4

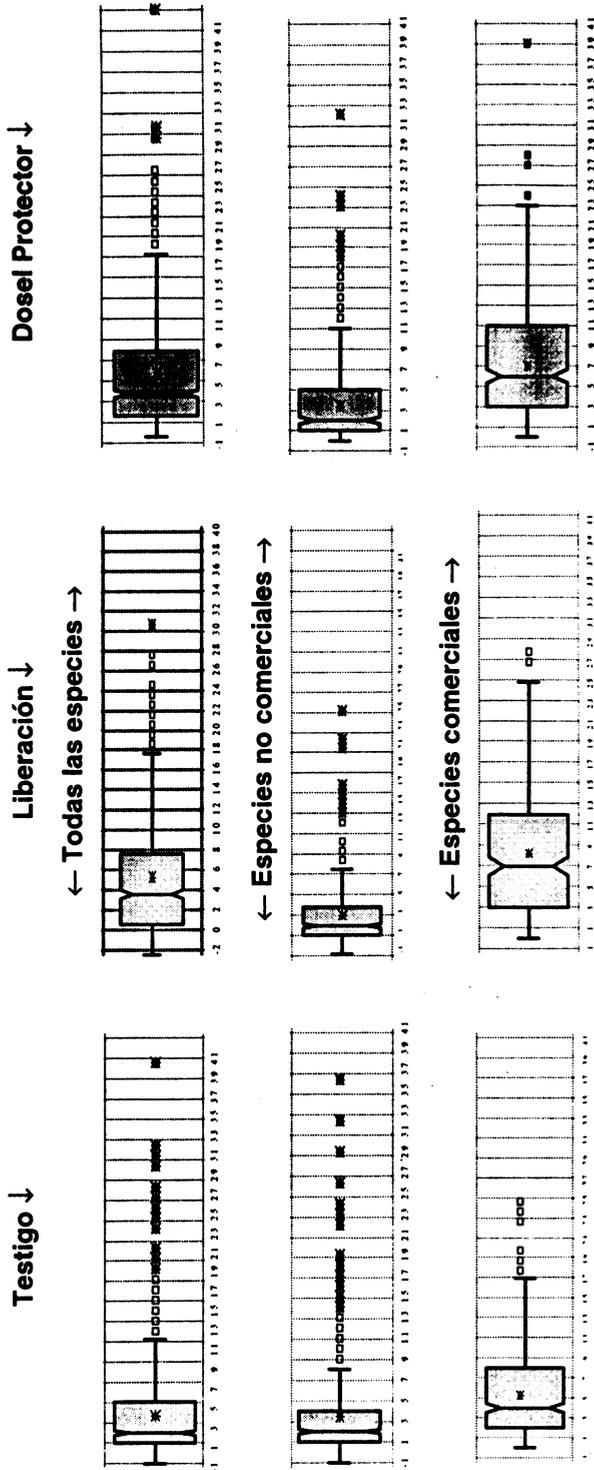
### Tasas de mortalidad anual en función de cuatro parámetros para árboles con $\text{dap} \geq 10\text{cm}$ , bosque aprovechado Finca La Tirimbina



$r$ : coeficiente de Correlación de Pearson,  $P$ : probabilidad,  $N$ : número de observaciones

## Anexo 5

Distribución de los incrementos diamétricos individuales (mm año<sup>-1</sup>), del periodo 1993-96, bosque aprovechado Finca La Tirimbina (dap ≥ 10 cm)



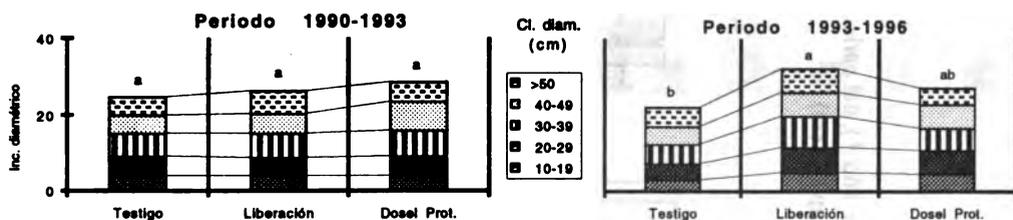
Caja central: 50% de los datos (1° al 3° cuartil); muesca vertical: mediana; asterisco: promedio; puntos a la derecha: valores extremos; línea horizontal de la izquierda: 1° percentil; línea horizontal de la derecha: 9° percentil.



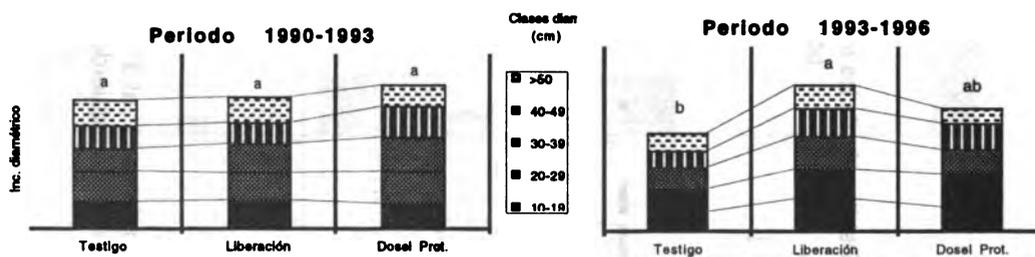
## Anexo 6

Comparación entre tratamientos de los incrementos medianos por clases diamétricas ( $dap \geq 10$  cm) en dos periodos de medición. Bosque aprovechado Finca La Tirimbina

### Todas las especies



### Especies comerciales



**Nota:** Tratamientos con letras diferentes muestran diferencias significativas (Tukey,  $P < 0.05$ ,  $N = 15$  | trat.)



## Anexo 7

Agrupamiento de las especies por tratamiento, según su velocidad de crecimiento ( $dap \geq 10$  cm), bosque aprovechado Finca La Tirimbina

GV	EA	GC	R	Especie	Abund. N / 3 ha	Cuartil1 mm/año	Mediana mm/año	Cuartil3 mm/año
Testigo								
1	3	N		<i>Theobroma angustifolium</i>	4	-0,5	0,0	0,0
1	5	C		<i>Aspidosperma spruceanum</i>	4	0,0	0,0	0,0
1	2	N		<i>Capparis pittieri</i>	7	0,0	0,0	0,0
1	3	N		<i>Warszewiczia coccinea</i>	19	0,0	0,0	0,0
1	3	N		<i>Ocotea cenura</i>	4	0,0	0,0	0,5
1	3	N		<i>Posoqueria latifolia</i>	8	0,0	0,0	0,5
1	3	N		<i>Macrobium costaricensis</i>	37	0,0	0,0	1,0
1	3	N		<i>Naucleopsis naga</i>	15	0,0	0,0	1,0
1	3	N		<i>Quararibea bracteolosa</i>	5	0,0	0,0	1,0
1	3	N		<i>Unonopsis pittieri</i>	8	0,0	0,0	1,5
1	5	C		<i>Carapa guianensis</i>	9	0,0	0,0	2,0
1	4	N		<i>Pseudolmedia spuria</i>	3	0,0	0,0	2,0
1	5	N		<i>Brosimum lactescens</i>	14	0,0	0,5	1,0
1	2	N		<i>Faramea occidentalis</i>	4	0,0	0,5	1,0
1	3	N		<i>Ocotea laetevirens</i>	4	0,0	0,5	1,0
1	5	N		<i>Ocotea mollifolia</i>	6	0,0	0,5	1,0
1	4	N		<i>Brosimum guianense</i>	4	0,0	0,5	1,5
1	4	C		<i>Dendropanax arboreus</i>	34	0,0	0,5	2,0
1	2	N		<i>Colubrina spinosa</i>	5	0,0	1,0	1,0
1	3	N		<i>Dystovomita paniculata</i>	23	0,0	1,0	1,0
1	3	N		<i>Lacunaria panamensis</i>	3	0,0	1,0	1,0
1	4	N		<i>Protium pittieri</i>	10	0,0	1,0	1,0
1	3	N		<i>Saurauria sp.</i>	6	0,0	1,0	1,0
1	4	N		<i>Conceveiba pleiostemona</i>	7	0,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Marila laxiflora</i>	19	0,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	9	1,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Protium ravenii</i>	34	0,0	1,0	3,0
1	3	N		<i>Protium schippii</i>	8	0,5	1,0	3,0
1	5	N		<i>Pouteria campechiana</i>	13	0,0	1,0	4,0
1	3	N		<i>Eugenia glandulosa-punctata</i>	3	0,0	1,0	5,0
1	5	C		<i>Terminalia amazonia</i>	4	0,5	1,5	3,0
1	2	N		<i>Vismia macrophylla</i>	4	1,0	1,5	3,5
1	3	N		<i>Ardisia palmana</i>	23	0,0	2,0	2,0
1	3	N		<i>Cupania glabra</i>	3	1,0	2,0	3,0
1	3	N		<i>Ferdinandusa panamensis</i>	112	0,0	2,0	3,5
1	4	N		<i>Hirtella triandra</i>	11	0,0	2,0	4,0
1	3	N		<i>Cordia dwyeri</i>	3	1,0	2,0	4,0

- GV = Grupo de velocidad de crecimiento: 1) muy lento, 2) lento, 3) moderado, 4) rápido, 5) muy rápido.
- EA = Estrato arbóreo: 2) especie de sotobosque (< 5 m de alt.), 3) especie intermedia (entre 5 y 25 m) 4) especie del subdosel (entre 25 y 35 m de altura) y 5) especie del dosel (más de 35 m de altura).
- GC = Grupo comercial: C) especies con valor comercial, N) especies sin valor comercial.
- R = Reubicación\*: especie reubicada, según resultados del Análisis Discriminante.



continuación

GV	EA	GC	R	Especie	Abund, N / 3 ha	Cuartil1 mm/año	Mediana mm/año	Cuartil3 mm/año
1	5	C		<i>Minuartia guianensis</i>	27	1,0	2,0	4,0
2	5	N	*	<i>Apeiba membranacea</i>	7	0,0	1,0	6,0
2	5	C		<i>Cespedesia macrophylla</i>	3	0,0	1,0	7,0
2	4	N	*	<i>Guatteria aeruginosa</i>	4	0,0	2,0	5,0
2	5	C		<i>Sterculia recordiana</i>	11	0,0	2,0	5,0
2	5	C		<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	3	1,0	2,0	5,0
2	4	N		<i>Pourouma bicolor</i>	20	1,0	2,5	5,0
2	5	C		<i>Tetragastris panamensis</i>	18	2,0	2,5	5,0
2	3	N	*	<i>Miconia punctata</i>	7	1,0	3,0	4,0
2	5	C		<i>Virola sebifera</i>	8	1,5	3,0	5,0
2	5	N		<i>Spachea correa</i>	3	1,0	3,0	6,0
2	5	N		<i>Maranthus panamensis</i>	7	2,0	3,0	6,0
2	3	N		<i>Hyeronima oblonga</i>	6	1,0	3,0	7,0
2	4	N		<i>Pourouma minor</i>	10	2,0	3,0	7,0
2	5	C		<i>Pterocarpus hayesii</i>	8	2,0	3,5	5,5
2	3	N		<i>Protium panamensis</i>	13	2,0	4,0	5,0
2	3	N		<i>Casearia arborea</i>	27	2,0	4,0	6,0
2	3	N		<i>Guarea kuntiana</i>	3	4,0	4,0	7,0
2	5	N		<i>Nectandra salicifolia</i>	9	2,0	5,0	6,0
2	5	C		<i>Laetia procera</i>	22	2,0	5,0	8,0
2	4	N		<i>Inga pezizifera</i>	5	1,0	6,0	6,0
2	4	N		<i>Couepia polyandra</i>	3	2,0	6,0	8,0
3	4	C		<i>Ormosia velutina</i>	3	0,0	2,0	11,0
3	3	N		<i>Ocotea insularis</i>	3	2,0	3,0	12,0
3	3	N		<i>Cecropia insignis</i>	3	1,0	3,0	14,0
3	5	C	*	<i>Tapirira guianensis</i>	19	2,0	4,0	9,0
3	5	C		<i>Virola koschnyii</i>	6	1,0	5,0	12,0
3	5	C		<i>Otoba novogranatensis</i>	3	0,0	5,0	15,0
3	4	N		<i>Ampelocera macrocarpa</i>	6	3,0	5,5	13,0
3	5	C		<i>Pentaclethra macroloba</i>	200	3,0	6,0	9,0
3	4	N		<i>Ocotea puberula</i>	3	5,0	7,0	12,0
3	4	N		<i>Inga thibaudiana</i>	3	5,0	8,0	9,0
3	5	C		<i>Qualea paraense</i>	10	4,0	8,0	12,0
3	4	N		<i>Inga punctata</i>	4	3,5	8,0	13,0
5	5	C		<i>Vochysia ferruginea</i>	11	8,0	15,0	18,0
5	5	C		<i>Simarouba amara</i>	4	6,5	15,5	21,0
5	3	N		<i>Croton smithianus</i>	12	7,0	16,5	24,5
liberación								
1	2	N		<i>Colubrina spinosa</i>	5	0,0	0,0	1,0
1	4	N		<i>Pachira aquatica</i>	3	0,0	0,0	1,5
1	5	N		<i>Brosimum lactescens</i>	4	0,0	0,0	3,0
1	3	N		<i>Borojoa panamensis</i>	12	0,0	0,5	1,0
1	2	N		<i>Parathesis sp.</i>	4	0,0	0,5	2,0
1	3	N		<i>Posoqueria latifolia</i>	4	0,0	0,5	2,0



continuación

GV	EA	GC	R	Especie	Abund, N / 3 ha	Cuartil1 mm/año	Mediana mm/año	Cuartil3 mm/año
1	3	N		<i>Warszewiczia coccinea</i>	24	0,0	1,0	1,0
1	2	N		<i>Capparis pittieri</i>	7	0,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Naucleopsis naga</i>	7	0,0	1,0	2,0
1	2	N		<i>Neea</i> sp,	3	0,0	1,0	2,0
1	4	N		<i>Couepia polyandra</i>	3	1,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Dystovornita paniculata</i>	23	0,0	1,0	2,5
1	3	N		<i>Cupenia glabra</i>	3	0,0	1,0	3,0
1	4	N		<i>Guarea bullata</i>	4	0,5	1,0	4,0
1	4	N		<i>Sapium</i> sp,	4	0,5	1,0	4,0
1	5	N		<i>Maranthes panamensis</i>	6	0,0	1,5	3,0
1	3	N		<i>Ardisia palmana</i>	12	1,0	2,0	1,0
1	3	N		<i>Macrobium costaricensis</i>	5	1,0	2,0	1,0
1	3	N		<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	6	1,0	2,0	1,5
1	5	N		<i>Pouteria campechiana</i>	11	1,0	2,0	1,5
1	3	N		<i>Manila laxiflora</i>	23	1,0	2,0	4,0
1	2	N		<i>Faramea occidentalis</i>	4	2,0	2,5	2,0
2	5	C		<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	1,0	1,0	5,5
2	3	N	*	<i>Licaria sarapiquensis</i>	7	0,0	1,0	6,0
2	3	N		<i>Ocotea laetevirens</i>	3	0,0	1,0	9,0
2	5	C		<i>Virola sebifera</i>	5	0,0	2,0	8,0
2	5	N		<i>Ilex skutchii</i>	3	0,0	3,0	5,0
2	5	C		<i>Terminalia amazonia</i>	8	1,0	3,0	6,0
2	5	C		<i>Carapa guianensis</i>	16	1,0	3,0	7,0
2	3	N	*	<i>Protium schippii</i>	4	1,5	3,0	7,0
2	5	C		<i>Laetia procera</i>	6	2,0	3,0	8,0
2	5	N		<i>Nectandra salicifolia</i>	4	3,0	3,5	5,0
2	3	N		<i>Saurauria</i> sp,	4	0,5	3,5	6,0
2	2	N		<i>Henriettella tuberculata</i>	3	1,0	4,0	6,0
2	4	N		<i>Hirtella triandra</i>	11	1,0	4,0	6,0
2	5	C		<i>Minquartia guianensis</i>	21	2,0	4,0	7,0
2	5	C		<i>Sterculia recordiana</i>	3	0,0	4,0	8,0
2	4	C		<i>Ormosia velutina</i>	3	2,0	4,0	8,0
2	5	C		<i>Humiriastrum diguense</i>	10	1,0	4,5	8,0
2	3	N		<i>Miconia punctata</i>	11	4,0	5,0	4,0
2	4	N		<i>Protium pittieri</i>	13	1,0	5,0	5,0
2	4	C		<i>Dendropanax arboreus</i>	7	0,0	5,0	6,0
2	3	N		<i>Protium ravenii</i>	32	3,5	5,0	6,5
2	4	N		<i>Pourouma minor</i>	4	2,5	5,5	5,0
2	5	C		<i>Cespedesia macrophylla</i>	5	1,0	6,0	5,0
2	3	N		<i>Lacunaria panamensis</i>	5	4,0	6,0	8,0
3	5	C		<i>Chimarrhis parviflora</i>	3	0,0	4,0	8,0
3	5	C		<i>Tetragastris panamensis</i>	3	0,0	4,0	12,5
3	3	N		<i>Inga umbellifera</i>	4	0,5	4,5	9,0
3	5	C		<i>Terminalia bucidiodes</i>	3	1,0	5,0	9,0
3	4	N		<i>Inga thibaudiana</i>	3	2,0	5,0	13,0
3	5	C	*	<i>Lecythis ample</i>	4	2,0	5,5	14,0



continuación

GV	EA	GC	R	Especie	Abund, N / 3 ha	Cuartil1 mm/año	Mediana mm/año	Cuartil3 mm/año
3	3	N	*	<i>Ferdinandusa panamensis</i>	6	2,0	6,0	12,0
3	5	N		<i>Apeiba membranacea</i>	8	1,5	6,5	9,5
3	4	C		<i>Pourouma bicolor</i>	9	4,0	7,0	8,0
3	3	N		<i>Casearia arborea</i>	19	5,0	7,0	9,0
3	3	N		<i>Inga heterophylla</i>	3	3,0	7,0	11,0
3	5	C		<i>Tapirira guianensis</i>	17	3,0	8,0	10,0
3	5	C		<i>Otoba novogranatensis</i>	3	0,0	8,0	11,0
4	4	N		<i>Inga pezizifera</i>	6	5,0	6,0	11,0
4	5	C		<i>Pterocarpus hayesii</i>	5	7,0	7,0	17,0
4	5	C		<i>Qualea paraense</i>	8	7,5	9,0	14,0
4	5	C		<i>Pentaclethra macroloba</i>	145	6,0	9,0	17,0
4	5	C		<i>Virola koschnyi</i>	6	8,0	10,0	15,0
4	3	N		<i>Protium panamensis</i>	6	7,0	10,5	16,0
4	3	C		<i>Cordia bicolor</i>	3	4,0	11,0	11,5
4	5	C		<i>Simarouba amara</i>	6	6,0	11,5	16,0
5	5	C		<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	4	7,0	13,5	14,0
5	5	C		<i>Vochysia ferruginea</i>	14	10,0	15,5	21,5
5	5	C		<i>Balizia elegans</i>	4	12,0	17,0	19,0

Dosel Protector

1	2	N		<i>Fareamea occidentalis</i>	4	0,0	0,0	0,5
1	4	N		<i>Pachira aquatica</i>	4	0,0	0,0	0,5
1	3	N		<i>Borojoa panamensis</i>	3	0,0	0,0	1,0
1	3	N		<i>Macrolobium costaricensis</i>	3	0,0	0,0	1,0
1	5	N		<i>Pouteria campechiana</i>	6	0,0	0,0	1,0
1	2	N		<i>Rinorea sp.</i>	3	0,0	0,0	1,0
1	2	N		<i>Capparis pittieri</i>	3	0,0	0,0	2,0
1	5	C		<i>Dussia macroprophyllata</i>	5	0,0	0,0	3,0
1	4	N		<i>Pseudolmedia spurea</i>	3	0,0	0,0	3,0
1	3	N		<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	14	0,0	0,5	1,0
1	3	N		<i>Quararibea bracteolosa</i>	4	0,0	0,5	1,0
1	4	N		<i>Sloanea sp.</i>	4	0,0	0,5	1,5
1	3	N		<i>Warszewiczia coccinea</i>	23	0,0	1,0	1,0
1	3	N		<i>Ardisia palmana</i>	9	0,0	1,0	2,0
1	4	N		<i>Guarea bullata</i>	5	0,0	1,0	2,0
1	3	N		<i>Dystovomita paniculata</i>	12	0,5	1,0	2,0
1	3	N		<i>Naucleopsis naga</i>	20	0,0	1,0	2,5
1	3	N		<i>Ocotea insularis</i>	3	1,0	1,0	3,0
1	5	C		<i>Vitex cooperi</i>	4	0,5	1,0	3,5
1	3	N		<i>Ferdinandusa panamensis</i>	6	0,0	1,5	2,0
1	3	N		<i>Licaria sarapiquensis</i>	4	0,5	1,5	2,0
1	3	N		<i>Merila laxiflora</i>	14	1,0	1,5	2,0
1	3	N		<i>Cinnamomum chavarrienum</i>	4	1,0	1,5	2,5
1	5	N		<i>Brosimum lactescens</i>	5	1,0	2,0	2,0
1	4	N		<i>Brosimum guianense</i>	3	0,0	2,0	3,0



continuación

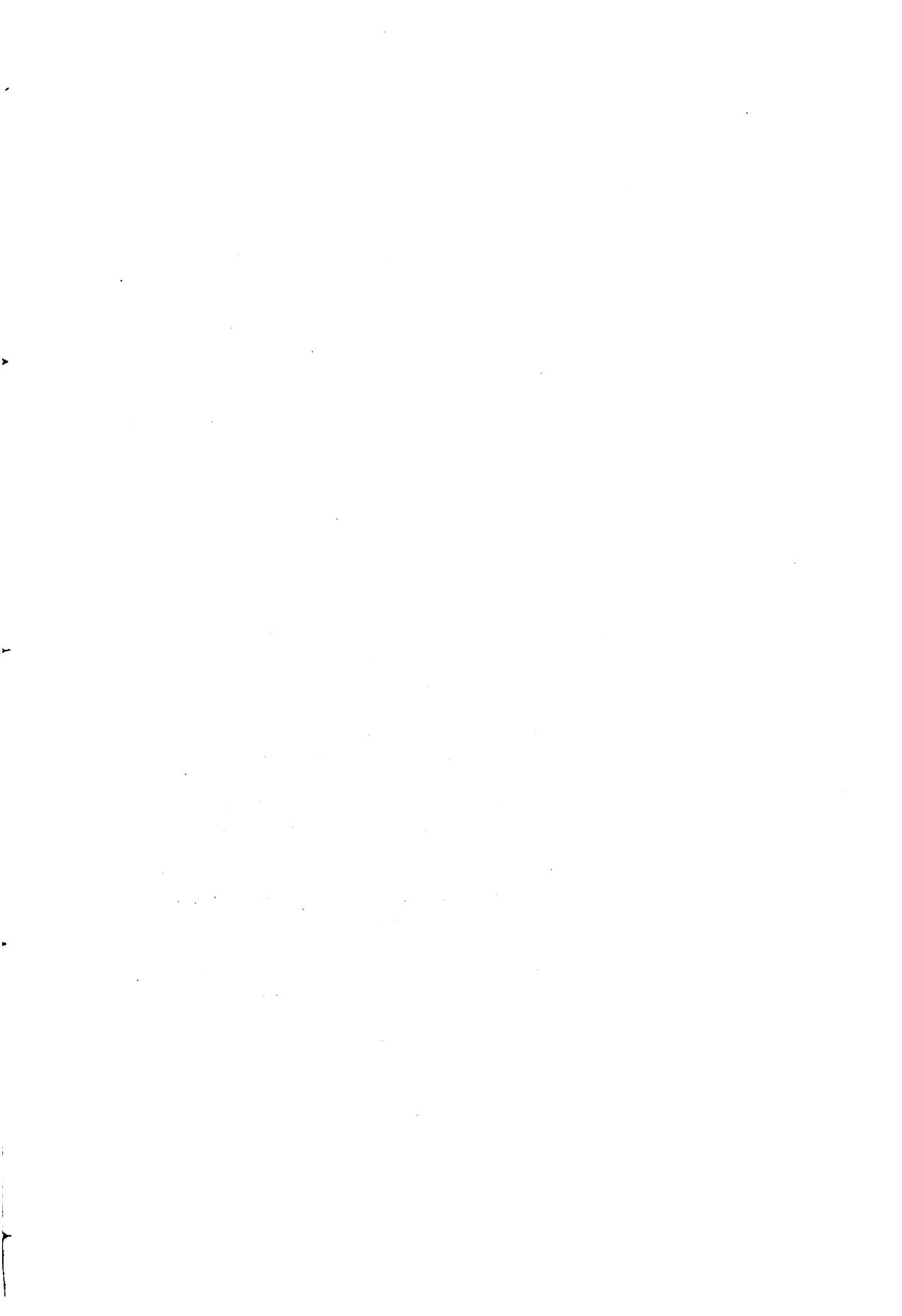
GV	EA	GC	R	Especie	Abund, N / 3 ha	Cuartil1 mm/año	Mediana mm/año	Cuartil3 mm/año
1	4	N		<i>Guatteria aeruginosa</i>	4	0,0	2,0	4,0
1	5	N		<i>Maranthes panamensis</i>	3	2,0	2,0	4,0
1	5	C		<i>Tetragastris panamensis</i>	4	0,0	2,0	4,5
1	5	N		<i>Nectandra salicifolia</i>	6	0,0	2,5	4,0
1	4	N		<i>Inga thibaudiana</i>	9	1,0	3,0	3,0
1	3	N		<i>Protium ravenii</i>	37	1,0	3,0	3,0
1	3	N		<i>Cordia lucidula</i>	4	2,0	3,0	3,0
2	5	N		<i>Apeiba membranacea</i>	11	0,0	1,0	8,0
2	3	N		<i>Protium pittieri</i>	11	2,0	2,0	5,0
2	5	C	*	<i>Carapa guianensis</i>	12	0,5	2,0	6,0
2	5	C		<i>Abarema macradenia</i>	3	2,0	2,0	8,0
2	5	C		<i>Pterocarpus hayesii</i>	8	0,0	2,5	7,0
2	4	N	*	<i>Pourouma minor</i>	10	1,0	3,0	4,0
2	4	N		<i>Dendropanax arboreus</i>	15	1,0	3,0	5,0
2	3	N		<i>Casearia arborea</i>	22	2,0	3,0	5,0
2	5	C		<i>Minquartia guianensis</i>	24	2,0	3,0	5,5
2	3	N		<i>Miconia punctata</i>	7	1,0	3,0	6,0
2	5	C		<i>Laetia procera</i>	21	1,0	3,0	7,0
2	3	N		<i>Protium panamensis</i>	18	1,0	3,5	5,0
2	4	N		<i>Couepia polyandra</i>	4	1,0	3,5	6,0
2	5	C		<i>Cespedesia macrophylla</i>	10	3,0	3,5	6,0
2	3	N		<i>Protium schippii</i>	4	1,0	3,5	6,5
2	5	C		<i>Sterculia recordiana</i>	4	4,0	4,5	5,0
2	5	C		<i>Virola sebifera</i>	8	1,0	4,5	7,0
2	5	C		<i>Rollinia pittieri</i>	5	2,0	5,0	5,0
2	4	N		<i>Hirtella triandra</i>	9	4,0	5,0	5,0
2	4	N		<i>Byrsonima crispera</i>	3	1,0	5,0	6,0
2	5	C		<i>Terminalia amazonia</i>	5	2,0	5,0	6,0
2	5	C		<i>Virola koschnyii</i>	6	4,0	5,0	6,0
2	3	N		<i>Cecropia insignis</i>	3	2,0	6,0	6,0
3	4	N		<i>Conceveiba pleiostemona</i>	6	1,0	4,5	11,0
3	5	C		<i>Tapirira guianensis</i>	17	4,0	5,5	10,0
3	4	N		<i>Inga pezzifera</i>	8	4,0	5,5	10,5
3	5	C		<i>Otoba novogranatensis</i>	6	3,0	6,0	10,0
3	5	C		<i>Pentaclethra macroloba</i>	166	4,0	7,0	12,0
3	4	N		<i>Pourouma bicolor</i>	15	3,0	8,0	11,0
4	5	N		<i>Vouarana guianensis</i>	3	3,0	7,0	16,0
4	5	C		<i>Humiriastrum diguense</i>	5	7,0	9,0	11,0
4	3	N		<i>Hampea appendiculata</i>	5	9,0	10,0	12,0
4	5	C		<i>Qualea paraense</i>	13	5,0	10,0	15,0
4	5	C		<i>Simarouba amara</i>	9	7,0	11,0	13,0
4	5	C		<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	8	6,5	11,0	16,5
4	3	N		<i>Croton smithianus</i>	4	5,5	11,5	16,0
5	4	C		<i>Jacaranda copaia</i>	5	8,0	14,0	16,0
5	5	N		<i>Inga alba</i>	3	7,0	14,0	19,0
5	5	C		<i>Vochysia ferruginea</i>	17	16,0	19,0	20,0

## Anexo 8

Coefficientes de correlación de Spearman (r) por grupos de velocidad de crecimiento, para cinco variables silviculturales (dap  $\geq$  10 cm). Bosque aprovechado Finca La Tirimbina

Testigo	Muy lento	Lento	Moderado	Rápido	Muy rápido
Clase diamétrica	0,0407	0,1666 *	0,0669	-	0,0901
Estrato arbóreo	0,0644	0,0417	0,0346	-	0,3726 *
Exposición a luz	0,2198 ***	0,1726	0,1325	-	0,3641 *
Forma de copa	0,2674 ***	0,2901 ***	0,0553	-	0,4483 **
Infest, de lianas	0,0801	0,0616	0,0448	-	0,2273
N	537	226	271	-	41
Liberación	Muy lento	Lento	Moderado	Rápido	Muy rápido
Clase diamétrica	0,1229	0,2011 **	0,1651	0,27 **	0,1563
Estrato arbóreo	0,0684	0,0545	0,0311	0,0008	-
Exposición a luz	0,056	0,1108	0,0326	0,03	0,4041
Forma de copa	0,2518 **	0,372 ***	0,3891 **	0,254 **	0,5237 *
Infest, de lianas	0,069	0,1472 *	0,3043 **	0,3839 ***	0,2057
N	183	206	81	189	23
Dosel Protector	Muy lento	Lento	Moderado	Rápido	Muy rápido
Clase diamétrica	0,0165	0,0265	0,237 **	0,1332	0,4747 *
Estrato arbóreo	0,0332	0,0219	0,0426	0,1248	0,2579
Exposición a luz	0,1107	0,2254 **	0,0851	0,4678 **	0,3364
Forma de copa	0,2032 **	0,3729 ***	0,2034 **	0,4073 **	0,1817
Infest, de lianas	0,196 **	0,1966 **	0,2397 ***	0,0997	0,2886
N	236	237	223	51	27

r = coeficiente de correlación; P = probabilidad, N = tamaño de muestra; \* = diferencias significativas a nivel de  $0,01 < P < 0,05$ , \*\* = diferencias significativas a nivel de  $0,0001 < P < 0,01$ , \*\*\* = diferencias significativas a nivel de  $P < 0,0001$ .





---

**Titulos publicados en esta Colección:**  
(Anteriormente llamada Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales)

1. **Blaser, J.; Camacho, M.** Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica
  2. **Orozco, L.** Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
  3. **Pedroni, L.** Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica
  4. **Räber, C.** Regeneración natural sobre arboles muertos en un bosque nublado de Costa Rica
  5. **Finegan, B.** El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas
  6. **Beek, aus der R.; Saénz, G.** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque; estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
  7. **Hutchinson, I.D.** Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo
  8. **Beek, aus der R.; Navas, S.** Técnicas de producción y calidad del carbón vegetal en los robledales de altura de Costa Rica
  9. **Quirós, D.; Finegan, B.** Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica; definición de un plan operacional y resultados de su aplicación
  10. **Stadmüller, T.** Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales; medidas para mitigarlo
  11. **Camacho, M.; Finegan, B.** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica; el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial
-



---

**Publicación de la Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN), editado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)**

**Editora:** Elizabeth Mora  
**Diagramación:** Marta E. Jiménez  
**Diseño de portada:** Marta E. Jiménez

**Impreso en la Unidad de Producción de Medios, CATIE**  
**Edición de 1000 ejemplares**

---





DATE DUE

~~08 SEP 2002~~ DEVUELTO

~~04 DIC 2002~~ DEVUELTO

~~05 SEP 2003~~

~~10 NOV 2003~~ DEVUELTO

~~20 SEP 2001~~ DEVUELTO

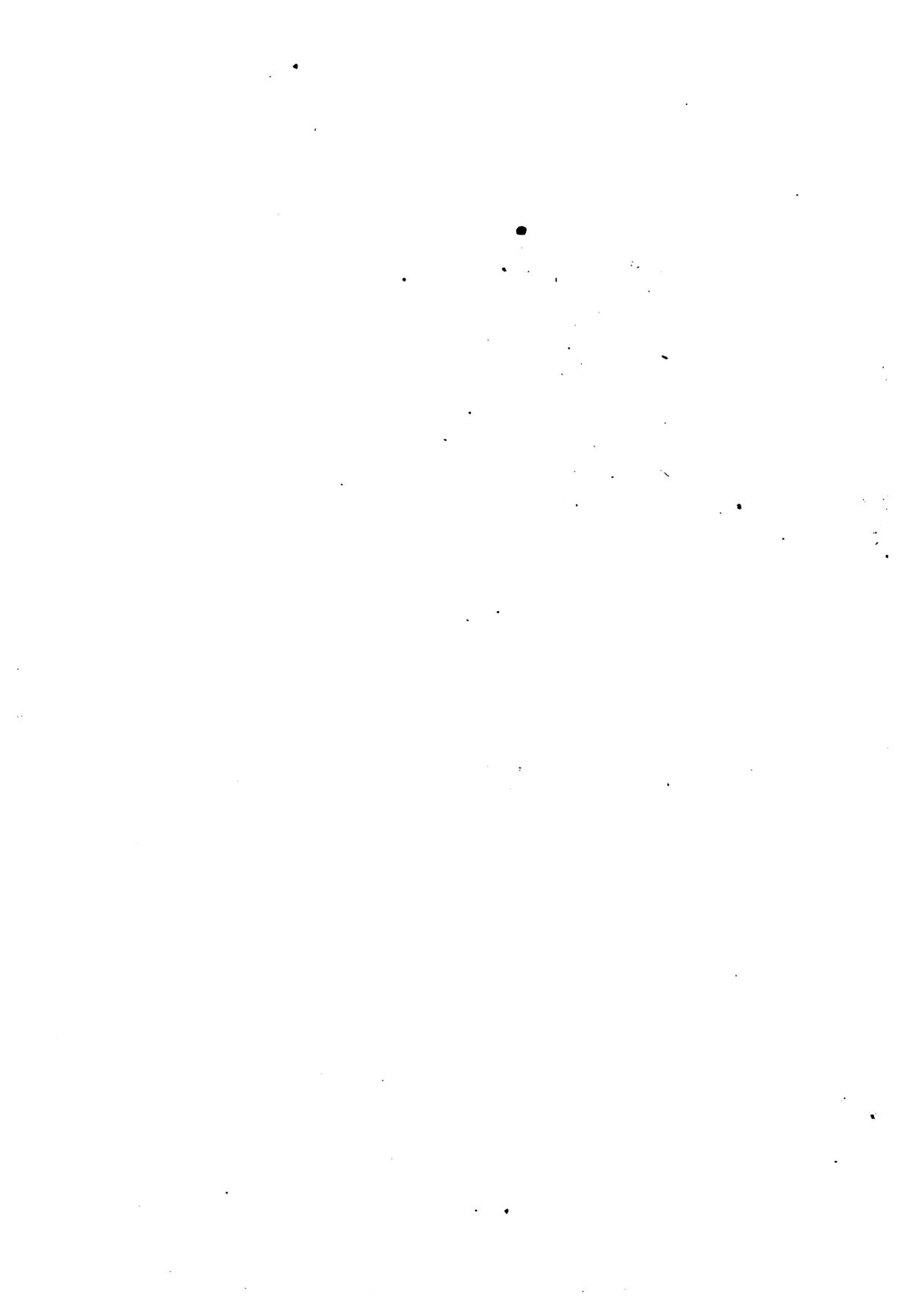
~~10 MAR 2008~~ DEVUELTO

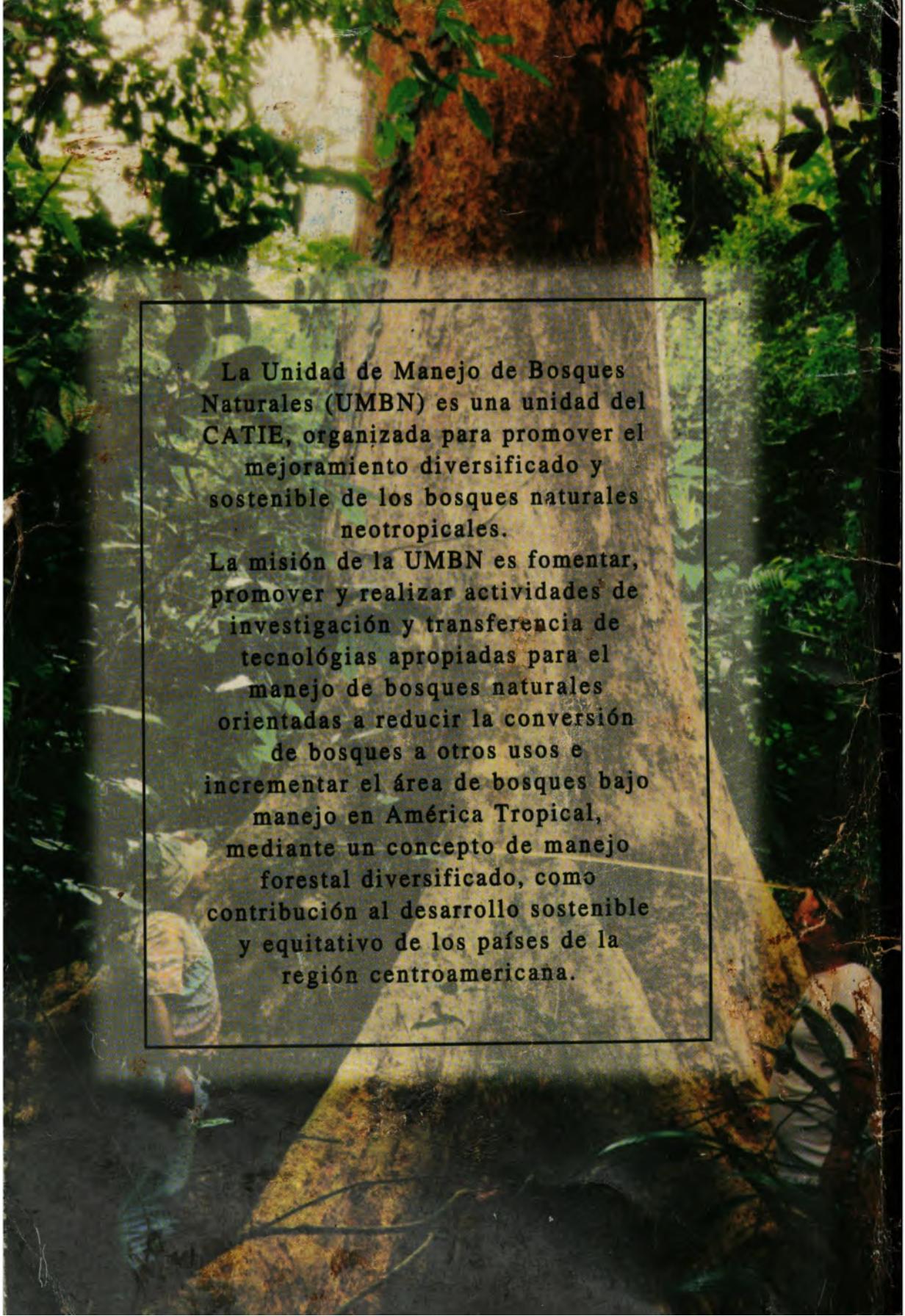
~~10 SEP 2003~~ DEVUELTO

08 JUN 2004 DEVUELTO

08 JUN 2005 DEVUELTO

DEVUELTO



A photograph of a large tree trunk in a forest, with a text box overlaid on it. The tree trunk is the central focus, showing its rough, brown bark. The background is filled with lush green foliage, including leaves and branches, creating a dense forest atmosphere. The lighting is natural, with some shadows and highlights on the tree and leaves.

La Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN) es una unidad del CATIE, organizada para promover el mejoramiento diversificado y sostenible de los bosques naturales neotropicales.

La misión de la UMBN es fomentar, promover y realizar actividades de investigación y transferencia de tecnologías apropiadas para el manejo de bosques naturales orientadas a reducir la conversión de bosques a otros usos e incrementar el área de bosques bajo manejo en América Tropical, mediante un concepto de manejo forestal diversificado, como contribución al desarrollo sostenible y equitativo de los países de la región centroamericana.