

# MONITOREO Y ANALISIS DEL INCREMENTO DIAMETRICO EN BOSQUES NATURALES DE LA RESERVA DE BIOSFERA MAYA, PETEN, GUATEMALA.



Fundación Naturaleza para la Vida  
-NPV-

The Nature Conservancy - TNC  
Fundación Naturaleza Para la Vida - NPV

Editado por:  
**Julio Morales Cancino**  
**César Vinicio Herrera L.**  
**Suamy Aguilar Mendoza**

Revisado por:  
**Rudy Herrera**

Fotografía:  
**Equipo Técnico FNPV**

Con la colaboración técnica de:  
**The Nature Conservancy**  
**Programa Guatemala**

Con el apoyo financiero de:  
**The Nature Conservancy**

Elaborado:  
**Guatemala, Junio del 2008**



Acerca de esta Publicación:

La publicación de este documento fue posible a través del apoyo de The Nature Conservancy en Guatemala. Las opiniones aquí expresadas pertenecen al autor (o autores) y no reflejan, necesariamente, las de The Nature Conservancy.

# CONTENIDO

1	INTRODUCCION .....	1
2	ANTECEDENTES POR SITIO DE INVESTIGACION .....	2
2.1	Bioltzá .....	2
2.2	San Miguel La Palotada.....	2
2.3	La Colorada.....	2
2.4	Chosquitán .....	3
2.5	Río Chanchich.....	3
3	OBJETIVOS .....	5
4	METODOLOGÍA .....	5
4.1	Diseño de las PPM's .....	5
4.2	Información registrada .....	6
4.3	Análisis de datos .....	7
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	9
5.1	Incremento para toda la población según sitios .....	9
5.2	Incremento por clases de diámetro .....	10
5.3	Velocidad de incremento .....	12
5.4	Incremento por tratamientos silviculturales .....	13
5.5	Comparación de incrementos entre individuos deseables e individuos marginales .....	14
5.5.1	Proceso de análisis y resultados para todas las especies .....	14
5.5.2	Comparación de incrementos en árboles deseables.....	19
5.5.3	Análisis específico para la especie Caoba .....	20
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	23
7	BIBLIOGRAFÍA .....	25
8	ANEXOS .....	26

## RESUMEN

El presente documento es un estudio técnico enfocado en el incremento diamétrico de los árboles en los bosques naturales de la Reserva de Biosfera Maya, ubicada al norte del departamento de Petén, Guatemala. Los datos utilizados provienen de una red de 38 parcelas permanentes de muestreo –PPM- instaladas en la zona de usos múltiples de esta área protegida, gracias al esfuerzo de diversas instituciones que han cooperado en la instalación y su monitoreo. Las primeras PPM fueron instaladas en el año de 1992 y las más recientes en el año 2000, con tiempos de medición que van de 13.24 años a 6.18 años.

Esta red de PPM ha sido instalada utilizando el diseño propuesto por Hutchinson (1993). Este diseño establece unidades de muestreo de 50 x 50 m, cada una de las cuales a su vez, se subdivide en 25 subparcelas de 10 \* 10 m, donde se registra la información sobre cada uno de los árboles. La cantidad de árboles incluidos en estos análisis es de 3,953. Para reducir las fuentes de error y variabilidad, los datos fueron depurados eliminando especies de la familia Palmae, así como árboles con incrementos negativos menores a -2mm/año y mayores a 25 mm/año.

El incremento mediano general agrupando todos los sitios es de 1.83 mm/año, con límites de confianza de la mediana en un rango de 1.74 a 1.86 mm/año. El tercer cuartil, que puede ser un buen indicador del potencial o máximo incremento confiable, es de 3.17 mm/año para todos los sitios. En cuanto al incremento por clases diamétricas, los datos no muestran una tendencia clara sobre las tasas de incremento con respecto al tamaño de los árboles, aunque se observa que los árboles de menor tamaño (clase diamétrica de 10 a 19.9 cm de dap) tiene un incremento significativamente menor al incremento que muestran los árboles de clases diamétricas superiores.

Se hizo una agrupación de especies por velocidades de incremento. 3 Especies han sido clasificadas como de incremento “muy lento” con una mediana de 0.25 mm/año, 40 especies se clasificaron dentro del grupo de incremento “lento” con una mediana de 2.4 mm/año, 32 especies clasificadas como incremento “intermedio” presentan una mediana de 3.88 mm/año y 8 especies se han clasificado como incremento “rápido” con una mediana de 4.72 mm/año. Especies de interés comercial en esta región, como la Caoba y el Cedro se encuentran en este último grupo.

En general, también se ha determinado que en bosques sometidas a algún tipo de intervención (aprovechamiento, tratamientos de liberación o ambos), los árboles crecen más que en bosques que no han tenido ninguna intervención (árboles de parcelas con alguna intervención presentan una mediana de 1.95 mm/año, en tanto que en parcelas testigo la mediana es de y 1.61 mm/año).

Se ha realizado igualmente un análisis para determinar si existen diferencias en el incremento en función de las condiciones específicas de los árboles. En primera instancia se hicieron dos grupos, tomando en cuenta factores intrínsecos de los árboles, como el grado de inclinación, calidad de fuste y forma de la copa. Los árboles identificados como “deseables” (más verticales, mejores fustes y mejor copa) presentaron un incremento mediano de 2.72 mm/año y el grupo de árboles restantes

denominados “no seleccionables” presentan un incremento mediano de 1.48 mm/año. Luego de este análisis, se hizo una reclasificación de estos grupos, tomando en cuenta el factor **iluminación de copa**. En este caso se determinó que árboles cuya copa recibe luz plena o luz vertical, registran un incremento mediano de 3.36 mm/año, mientras que el grupo de árboles que no reciben buena luz registran un incremento mediano de 1.63 mm/año, una tendencia que se registró en los diferentes sitios de investigación.

Este análisis del incremento de los árboles en función de sus condiciones particulares, se hizo también en forma individual para un grupo de especies de interés comercial en la región. El resultado muestra que de las 12 especies analizadas, en 10 de ellas el incremento fue mayor en los árboles con buena iluminación, aunque solamente para el caso de la caoba, malerio colorado y mano de león las diferencias son estadísticamente significativas. En estas especies, el incremento mediano fue 1.75 veces mayor en árboles bien iluminados comparado con árboles con iluminación deficiente (cuadro 14). Para la caoba en específico, la especie más importante para el manejo forestal en la región, se observa que árboles bien iluminados (liberados) tienen mayores incrementos en todas las clases de diámetro, comparado con los individuos con iluminación deficiente. La mediana para el incremento de árboles bien iluminados en esta especie fue de 6.16 mm/año y de 2.97 mm/año en árboles con iluminación deficiente.

Esta tendencia de mayores incrementos en los árboles bien iluminados tiene implicaciones para la definición de los ciclos e intensidades de corta permisibles, elementos esenciales para el manejo sostenible del bosque natural. Los resultados sugieren, en el caso de las especies que muestran una reacción favorable al grado de luz directa que reciben, que la aplicación de tratamientos silviculturales efectivos, especialmente los que buscan manipular el grado de luz directa, podrían reducir los períodos de rotación y aumentar sosteniblemente, la productividad del bosque. Por el contrario, establecer una tasa de producción sostenible en ausencia de tratamientos silviculturales, precisa hacer análisis diferenciados entre los árboles en condiciones deseables (fustes rectos, copas bien formadas, sin daños y en buenas condiciones de exposición de copas en el dosel), y aquellos que presentan condiciones desfavorables, como decrepitud, mal formados y suprimidos en el dosel.

## SUMMARY

This document is a technical study focused on the increase diameter of trees of natural forestry of the Maya Biosphere Reserve -MBR-, located in the north of Petén, Guatemala. These facts come from a red of 38 permanent plots as samples -PPS-, installed on the zone of multiples uses of this protected area, thanks to the effort of various institutions that willingly cooperated in the installment and its monitory. The first PPS were installed in the year 1992 and the most recently in 2000, whit period of measurement from 13.24 years to 6.18 years.

This red PPS has been installed using the design proposed by Hutchinson (1993). This design established units of samples of 50\*50 m; each one is subdivided in 25 sub-plots of 10\*10 m, where the information of each tree is registered. The quantity included in this analysis is 3953 trees. To avoid any error and variability, these facts have been purified eliminating species of Palmae family, such as trees of negative increments less than -2 mm/year and more than 25 mm/year.

Added all sites, the median of the increase was 1.83 mm/year, whit confidence intervals between 1.74 and 1.86 mm/year. The third quartile, considered as a good indicator of the potential maximum increment is 3.17 mm/year, for all sites. Talking about the increasement of diametric classes, this doesn't show us a clear tendency about the increment rate about the size, although the diametric class of 10-19.9 cm DBH (diameter breast height), has a inferior significant increment, in comparison to the superior classes.

We made groups of species by quickly increasement. Three species have been classified like a "very slow increase" with a median of 0.25 mm/year, 40 species have been classified within the group of "slow increase" with a median of 2.3 mm/year, 32 species that were classified like increasement "intermediate" show a median of 3.88 mm/year and 8 species have been classified like "quickly increment" whit a median of 4.72 mm/year. Some species of commercial interest in this region like mahogany and cedar timber, are located in the last group.

In general, we also have determined that the forest that have been submitted to some treatments, the trees grows more than forest where treatments were not accomplished. The first show a increasement of 1.95 mm/year, nevertheless in forest that have not received any treatments the increasement was 1.61 mm/year.

We made an analyses to determinate if there are any difference of increasement in function of specific conditions of trees. First of all we made two groups, taking for granted factors of trees, like inclination grade, quantity and the form of crown. The trees classified as the best showed a median of 2.72 mm/year, and the rest of trees showed an increasement of 1.48 mm/year. After this analysis we made a recycle OF these groups, taking for granted the factor "illumination of crown". In this case, we determined that trees that receive light completely show an increment of 3.36 mm/year, and the rest have an increasement of 1.63 mm/year. This tendency is the same for all sites.

We made the same analysis but now only for 12 species of commercial interest in this region. This result shows that in ten of them the increasement was bigger in trees

with greater illumination even though, but only in the case of mahogany, malerio colorado y mano de león, the differences are estadistic significant. In these species the increment was 1.75 times more in trees whit great illumination comparing whit trees with deficient illumination (see table 14). For mahogany in specific, the most important specie for the management forest in this region, we can observe that trees whit great light (liberated), have mayor increasement in all classes of diameters, comparing whit individual whit deficient brightness. In the first case, the trees show an increasement of 6.16 mm/year and 2.97 mm/year in the second case.

The influence that light has on the increment of the trees, in species as mahogany, is a factor important that has implications in the definition of the cycles of rotation and intensities of cut. The result suggest in the species that react favorable to the light they receive, could be beneficiably whit these treatments of liberating the crowns. This would to help to improve the productivity of the forest. In contrary, to establish a rate of production in the absence of treatment, it is necessary to differentiate the trees with good natural conditions, of those that they don't have those conditions.

# 1 INTRODUCCION

El manejo sostenible de bosques naturales latifoliados se ha planteado en las últimas décadas como una alternativa para satisfacer necesidades de las personas que requieren hacer uso de estos recursos naturales y al mismo tiempo conservar los ecosistemas y sus múltiples funciones. Para lograr estos objetivos, se debe plantear un esquema de manejo adecuado, y para esto, es necesario conocer la dinámica de las especies de interés y del bosque en su conjunto. En ese sentido, la investigación forestal es crucial en la búsqueda de esa información.

En años anteriores se han realizado algunos esfuerzos por parte de CATIE/OLAFO, CATIE/CUDEP, CATIE/NPV, CATIE, NPV, ProPetén, Centro Maya e INAB/NPV para la instalación de parcelas permanentes de muestreo (PPM), las cuales constituyen dispositivos de investigación a largo plazo. El año pasado NPV-INAB, mediante un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) establecieron un sistema de parcelas permanentes de muestreo en los bosques latifoliados de todo el país. En este proyecto se dio mantenimiento y remidieron 61 PPM's y se instalaron 59 PPM's nuevas. La mayoría de este proceso se llevó a cabo en el Departamento de Petén, especialmente en la Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la Reserva de Biósfera Maya (RBM).

Estos esfuerzos de investigación han generado una base de información muy importante sobre aspectos claves que son necesarios conocer para orientar los procesos de manejo de los bosques naturales de la región. No obstante, se ha tenido el inconveniente que estas fuentes de información han tenido un nivel de análisis muy genérico así como un grado de divulgación limitado. Dado que el objeto final de estos esfuerzos de investigación es generar información que le sirva de base a los tomadores de decisiones sobre la administración de los bosques; se ha elaborado en el marco de cooperación con The Nature Conservancy -TNC-, el presente documento, con el propósito de propiciar la incorporación de éstos resultados al proceso de manejo sostenible del bosque.

En este documento se presenta un análisis enfocado en la dinámica del incremento diamétrico del bosque natural y la respuesta de los árboles a condiciones similares a tratamientos silviculturales. Se han realizado diversos análisis a nivel global y también un análisis de un grupo de especies que son de interés comercial actualmente. Para la especie de Caoba, se ha realizado un análisis particular que dé a conocer con mayor detalle la dinámica del incremento de esta especie y los efectos potenciales de tratamientos silviculturales. Estos análisis son muy importantes porque proporcionan información básica a los actores del manejo forestal en la definición de algunos parámetros de manejo, tal como los ciclos de rotación, las intensidades y diámetros mínimos de corta.



## **2 ANTECEDENTES POR SITIO DE INVESTIGACION**

### **2.1 Bioltzá**

Bioltzá es una Reserva Forestal Comunitaria ubicada en el Ejido Municipal de San José, Petén. Se localiza a 50 kilómetros al noroeste de la cabecera departamental, dentro de la Zona de Amortiguamiento de la RBM. El área es administrada por un comité de vecinos apoyados por la municipalidad y otras instituciones locales.

En febrero de 1993 se instalaron seis parcelas para el monitoreo de la producción de madera. En febrero de 1995 se realizó un aprovechamiento forestal mejorado en dos de ellas a manera de tratamiento silvicultural. El tratamiento de liberación de copas en estas parcelas se realizó en el año 2000. Desde su establecimiento hasta el año 2005 se han registrado cinco mediciones que corresponden a 12.5 años de monitoreo continuo. Este sitio es llamado **San José** en este estudio.

### **2.2 San Miguel La Palotada**

San Miguel La Palotada es la comunidad a la cual se le otorgó la primera concesión forestal dentro de la ZUM de la RBM, en el municipio de San Andrés. Se ubica aproximadamente a 60 km al norte de la cabecera departamental.

En mayo de 1992, CATIE estableció cinco PPM's, en tres de ellas se realizaron tratamientos de liberación, raleo y mejora utilizando las técnicas de tala dirigida y anillamiento, con la finalidad de favorecer especies de árboles para la producción de madera. Dos de las cinco parcelas se establecieron como testigos. En el 2005 se registró la novena medición, contando con 13.24 años de monitoreo. Una de las cinco parcelas fue afectada por el incendio forestal que ocurrió en Petén durante el año de 1998, la cual no fue considerada en los análisis de este estudio.

### **2.3 La Colorada**

La Unidad de Manejo La Colorada, ubicada al norte de la ZUM-RBM, en el municipio de San Andrés, aproximadamente a 92 Km del área central, es administrada como concesión por la Asociación Forestal Integral La Colorada.

En este sitio se instalaron cuatro parcelas con el objetivo de monitorear y realizar estudios sobre dinámica del bosque natural según dos tipos de tratamientos: bosque sin ninguna intervención (testigo) y bosque con aprovechamiento forestal, con dos parcelas cada uno.

Las cuatro parcelas se instalaron en 1999 y al año 2006 tienen tres mediciones que corresponden a 6.44 años de monitoreo.

## **2.4 Chosquitán**

La Unidad de Manejo Chosquitán, con una extensión alrededor de 19,390 hectáreas, se ubica en el municipio de Melchor de Mencos al noroeste de la ZUM en la RBM, es administrada bajo la figura de concesión forestal por la Sociedad Civil Laborantes del Bosque.

Con la finalidad de monitorear el aprovechamiento y realizar estudios sobre dinámica del bosque intervenido, en el año 2000 se instalaron 6 PPM's antes y durante el aprovechamiento forestal.

Se planificaron dos tratamientos (no intervenido –testigo- y aprovechamiento forestal), cada uno con tres repeticiones. Hasta el año 2006 se han realizado dos mediciones en 6.18 años de monitoreo. Este sitio es llamado Laborantes en este estudio.

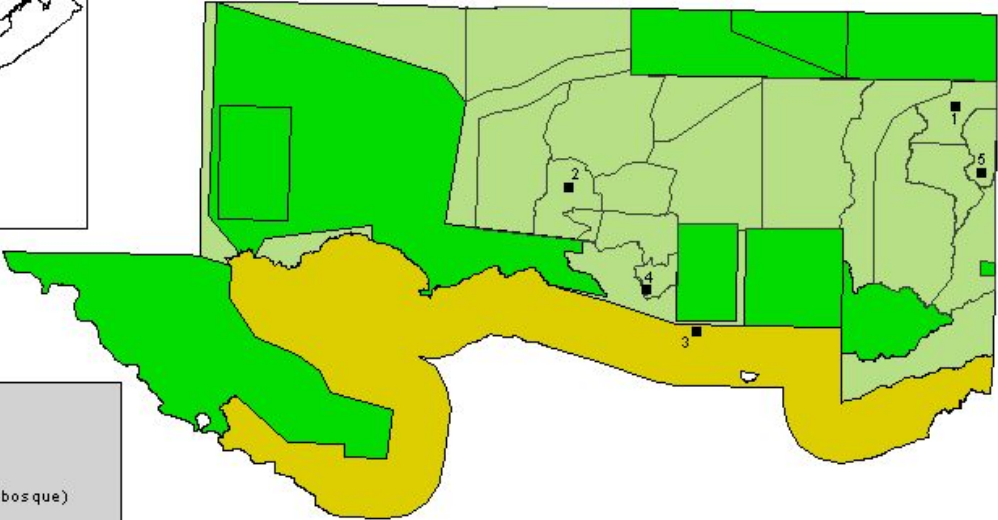
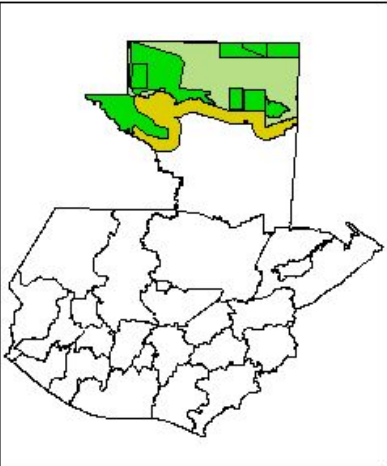
## **2.5 Río Chanchich**

La Sociedad Civil Impulsores Suchitecos administra bajo la modalidad de concesión forestal la Unidad de Manejo Río Chanchich, con una extensión de 12,217 hectáreas, ubicada al noroeste de la ZUM en la RBM en el municipio de Melchor de Mencos.

Con la finalidad de monitorear el aprovechamiento y realizar estudios sobre dinámica del bosque aprovechado se instalaron 12 PPM's. En este grupo de parcelas la última medición se realizó en el 2006, por lo que en total se han realizado tres mediciones en un período de 8.06 años. El sitio contempla tres repeticiones por cuatro tipos de tratamientos, con tres parcelas cada uno: testigo, solo tratamiento de liberación, aprovechamiento y la combinación de tratamiento y aprovechamiento.

Con el mismo objetivo que el grupo anterior, se instalaron en 1999 otras 6 PPM's diseñando dos tratamientos, también con 3 parcelas cada uno: testigo y aplicación de tratamiento de liberación. Hasta el año 2006 se han realizado tres mediciones en este segundo grupo de parcelas con un período de monitoreo de 7.08 años. Este sitio es llamado Suchitán en este estudio.

Ubicación de los sitios de investigación, en el contexto de la Reserva de Biosfera Maya.



**LEYENDA**

Ubicación de sitios de investigación

- 1 - Chosquitán (Laborantes del bosque)
- 2 - La Colorada
- 3 - San José (Bio Itzá)
- 4 - San Miguel La Palotada
- 5 - Suchitecos (Río Chanchich)

Zonas de manejo

- Zona núcleo
- Zona de uso múltiple
- Zona de amortiguamiento



### **3 OBJETIVOS**

El objetivo general consistió en monitorear y estudiar las características del crecimiento del bosque natural con base a la información generada en parcelas permanentes de muestreo establecidas en cinco sitios en la Reserva de la Biosfera Maya, de tal forma que esta información pueda utilizarse para proyectar y prever tendencias que faciliten la toma de decisiones en los proyectos de manejo forestal sostenible.

Los objetivos específicos se enfocaron en analizar las características del incremento diamétrico según:

- El bosque en su conjunto considerando toda la población arbórea.
- Cinco sitios de investigación en la RBM: Bioitzá, La Colorada, San Miguel, Chanchich (Suchitán) y Chosquitán (Laborantes del Bosque).
- Clases de tamaño de los árboles.
- Grupos de especies que comparten similares tasas de crecimiento.
- Tratamientos silviculturales aplicados en cada sitio.
- Determinar las diferencias en el crecimiento de individuos que presentan condiciones de desarrollo diferentes entre sí.

### **4 METODOLOGÍA**

#### **4.1 Diseño de las PPM's**

Para el monitoreo del crecimiento de los árboles se han establecido Parcelas Permanentes de Muestreo utilizando el diseño propuesto por Hutchinson (1993). Este diseño establece unidades de muestreo de 50 x 50 m, donde se registra la información sobre cada uno de los árboles. El área de la parcela se divide a su vez en 25 cuadrados o subparcelas de 10 x 10 m. En cinco de estas subparcelas se establece un cuadrado de 2 x 2 m, en donde se hace un conteo de brinzales, y otro de 5 x 5 m que contiene el anterior, en el cual se registra el número de latizales existente. Cada parcela tiene una franja protectora de 25 m de ancho con la finalidad de que sirva como zona de amortiguamiento a cada PPM (Figura 1).

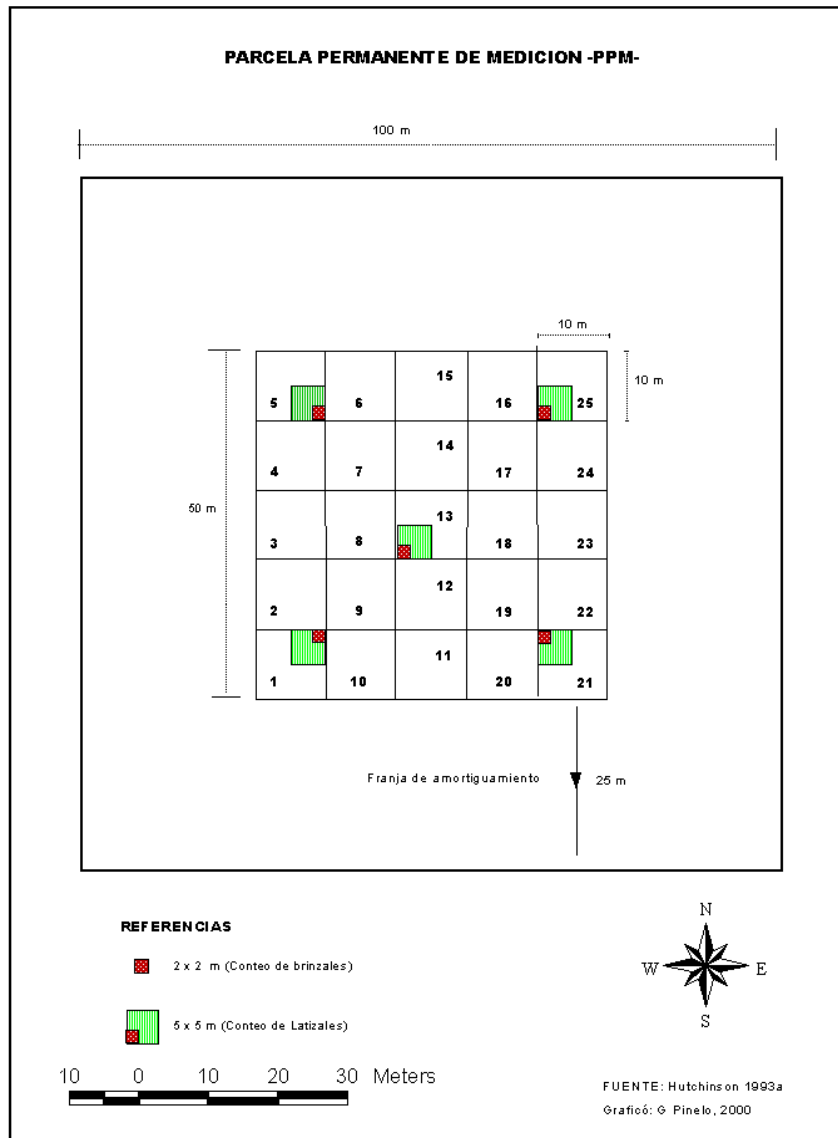


Figura 1. Diseño de una parcela permanente de 0.25 ha.

## 4.2 Información registrada

Dentro del cuadrado de 50 x 50 m se ha registrado información de cada uno de los árboles a partir de 10 cm de dap. Se ha colocado una laminilla de aluminio y se pintó un número en cada árbol que lo identifica durante todas las mediciones.

Las variables que se han registrado para cada árbol son:

1. Número consecutivo;
2. Clase de identidad del fuste (inclinación del fuste);
3. Nombre común;
4. DAP en cm (a 1.30 m, la altura del dap puede variar si existe algún defecto en el punto de medición)
5. Calidad de fuste (árbol aprovechable o de futura cosecha y características

- fitosanitarias)
- 6. Iluminación de la copa (clasificación de Dawkins, 1958, modificado por Ian Hutchinson)
- 7. Forma de la copa (Categorías de Synnott, 1979, vigor de la copa, modificado por Ian Hutchinson)
- 8. Lianas (existencia de lianas en el fuste, copa o en ambas)
- 9. Tratamiento silvicultural
- 10. Observaciones

Esta metodología se encuentra detallada en los documentos 7 y 10 de la colección “Manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Maya”, producidos por CATIE y el CONAP.

### 4.3 Análisis de datos

Las bases de datos fueron interpretadas con el programa de cómputo especializado SEMAFOR (sistema para evaluación, monitoreo y análisis forestal) según las mediciones específicas realizadas en cada sitio de investigación, tal como se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Monitoreo de parcelas permanentes por sitio de investigación

Sitio	1ª medición	Última medición	Número de mediciones	Tiempo de monitoreo (Años)
Bioltzá	10/02/1993	12/08/2005	5	12.5
San Miguel	26/05/1992	23/08/2005	9	13.24
Chanchich (Suchitán)	06/04/1998 y 16/02/1999	19/03/2006 y 19/03/2006	3	8.06 y 7.08
Chosquitán (Laborantes)	18/02/2000	21/04/2006	2	6.18
La Colorada	06/12/1999	16/05/2006	2	6.44

La etapa preliminar de procesamiento consistió en la comprobación de ajuste de cada una de las mediciones incluidas en las bases de datos en todos los sitios. Es decir, se verificó la concordancia de la información de los valores de abundancia entre mediciones sucesivas. De esta forma se comprobó que el número inicial de árboles (más los nuevos ingresos por regeneración) concordara con el número final de árboles vivos y muertos (por causas naturales y por actividades de manejo) entre mediciones. Esta etapa se considera básica antes de iniciar cualquier tipo de análisis de datos.

El incremento anual (mm/año) por individuo se obtuvo a partir de 10 cm. y según los diámetros iniciales (1ª medición) y finales (última medición) y el tiempo de monitoreo ((dap inicial – dap final)/años de monitoreo).

Para reducir fuentes de error y variabilidad se realizó una depuración excluyendo individuos de especies de la familia Palmae (botán y corozo), árboles con incrementos fuera del rango de -2 mm/año a 25 mm/año, registros con diámetros estimados (por imposibilidad de medición en el fuste) y los que no sobrevivieron entre la primera y última medición.

Estos criterios de depuración se aplicaron en todos los análisis de incremento presentados en este documento. La base de datos inicial incluía 4,473 individuos y luego de la depuración fue reducida a 3,953 registros en las 38 PPM's, incluyendo los diferentes tratamientos aplicados en cada sitio de investigación, tal como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Parcelas según tipos de tratamiento aplicados en los sitios de investigación analizados.

No.	Sitio	Número de la parcela según tratamientos				Total de PPM's
		Testigo	Liberación	Aprovechamiento	Aprovechamiento + Liberación	
1	Suchitán	2,6,12,14,16,18	4,8,10	7,9,11	1,3,5,13,15,17	18
2	Laborantes	2,4,6		1,3,5		6
3	San José	2,4,6,	5		1,3	6
4	San Miguel	2			1,3,5	4
5	La Colorada	2,4		1,3		4
<b>Total de PPM's</b>		<b>15</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>38</b>

Las principales variables silvícolas a nivel de individuo que se incluyeron en los análisis fueron:

1. Clase de identidad del fuste (inclinación del fuste)
2. Nombre común
3. DAP en cm. (Diámetro a la altura del pecho, medido a 1.30 m de altura del fuste)
4. Calidad de fuste (árbol aprovechable o de futura cosecha y características fitosanitarias)
5. Iluminación o exposición de la copa (clasificación de Dawkins, 1958, modificado por Hutchinson)
6. Forma de la copa (Categorías de Synnott, 1979, vigor de la copa, modificado por Hutchinson)
7. Lianas (existencia de lianas en el fuste, copa o en ambas)
8. Tratamiento silvicultural

Asimismo, análisis para determinar la distribución típica normal de los datos de incremento anual mostraron que estos no se distribuyen normalmente (Shapiro-Wilks  $W=0.81$ ,  $p<0.0001$ ), lo que implica sesgo con abundantes individuos con incrementos bajos y muy pocos con incrementos altos, además que los parámetros estadísticos convencionales, tal como la media, usados para describir el conjunto de datos no son apropiados. En estos casos es más oportuno utilizar como referencia la mediana, ya que refleja mejor el crecimiento de la mayoría de individuos, y la

aplicación de métodos estadísticos no paramétricos para analizar los datos. Por esta razón para los análisis de varianza se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y para la comparación de pares la prueba de Wilcoxon, entre otras pruebas no paramétricas que se indican en su oportunidad. En todos los casos se utilizó el *software* estadístico InfoStat (Infostat 2008a).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Incremento para toda la población según sitios

En el análisis de incremento diamétrico de toda la población se incluyen indiscriminadamente todos los árboles con diámetro superior a 10 cm., sin excluir especies, condición o características silviculturales, tipo de tratamiento aplicado, forma o estatus comercial o de manejo, forma o diámetro. Posteriormente se presentan análisis más detallados según los diferentes sitios y los tratamientos silviculturales aplicados.

Como se muestra en el Cuadro 3, el incremento mediano general agrupando todos los sitios es de 1.83 mm/año, con límites de confianza de la mediana en un rango de 1.74 a 1.86 mm/año. El tercer cuartil, que puede ser un buen indicador del potencial o máximo incremento confiable, es de 3.17 mm/año para todos los sitios.

Cuadro 3: Parámetros estadísticos del Incremento diamétrico (mm/año) para toda la población arbórea según sitios experimentales.

Parámetros	Sitios					Todos los sitios
	Colorada	SanMiguel	SanJose	Laborantes	Suchitan	
Número de muestras	305	558	621	412	2057	3953
Minímo	-1.09	-0.91	-1.28	-1.62	-1.12	-1.62
<b>Media</b>	<b>2.97</b>	<b>2.9</b>	<b>2.35</b>	<b>2.93</b>	<b>2.06</b>	<b>2.39</b>
Máximo	22.21	12.31	13.12	20.1	21.76	22.21
CV%	103.37	76.83	82.93	111.43	96.89	97
Error Estandar (EE)*	0.16	0.14	0.07	0.15	0.04	0.04
Límite Inferior de la mediana*	1.89	2.28	1.72	1.62	1.49	1.74
Cuartil 1	0.93	1.18	1.04	0.97	0.7	0.84
<b>Mediana</b>	<b>2.33</b>	<b>2.57</b>	<b>1.92</b>	<b>1.95</b>	<b>1.61</b>	<b>1.83</b>
Cuartil 3	3.73	4.23	3.12	3.73	2.81	3.17
Límite Superior de la mediana*	2.59	2.79	2.04	2.24	1.62	1.86

\* Estimación por el método no paramétrico *Bootstrap* (Infostat 2008a), nivel de confianza 95%.

Los valores obtenidos permiten tener una visión del crecimiento de los árboles en términos generales y tal como está ocurriendo en las condiciones actuales. Por ejemplo, este tipo de incrementos que considera el bosque en su conjunto podría tener aplicaciones para utilizar en cálculos de dinámica de la captura de carbono en bosques naturales, restauración ecológica en corredores biológicos sometidos a manejo forestal, entre otros que utilizan un enfoque holístico o generalista del bosque.

Al extender el nivel de análisis a los diferentes sitios de investigación se encontraron diferencias significativas del incremento entre ellos (*Kruskal-Wallis*  $H=105.58$ ,  $p<0.0001$ ). Comparaciones entre pares de sitios se muestran en el Cuadro 4, donde se observa una tendencia de incrementos significativamente menores en Suchitán.



Inclusive los incrementos en este sitio son menores para todos los parámetros analizados, tal como la media, mediana, primer y tercer cuartil.

En los otros casos no existe un sitio con incrementos acentuadamente superiores. San Miguel y La Colorada (sin diferencias significativas entre ellos) son los que presentan incrementos medianos superiores, mientras que San José y Laborantes tienen incrementos medianos intermedios y sin diferencia entre ellos a pesar que la distancia entre sitios es relativamente grande.

Cuadro 4: Matriz de diferencias en las comparaciones múltiples entre medianas (diferencias entre ellas en la diagonal inferior) y valores de probabilidad ( $p$  en la diagonal superior) entre sitios.

Sitio	Colorada	Laborantes	SanJose	SanMiguel	Suchitan
Colorada	--	0.30	0.05*	0.16	0.000000073*
Laborantes	0.38	--	0.35	0.01*	0.0000031*
SanJose	0.41	0.03	--	0.000041*	0.000027*
SanMiguel	-0.24	-0.62	-0.65	--	0.00*
Suchitan	0.72	0.34	0.31	0.96	--

\* = Diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 5.2 Incremento por clases de diámetro

Para la definición detallada de prácticas silvícolas sostenibles es clave conocer las características del incremento de los árboles según su tamaño. En el Cuadro 5 se presenta los parámetros estadísticos principales para el incremento diamétrico según las clases de diámetro inicial (obtenido de la primera medición para cada individuo) según todos los sitios.

Cuadro 5: Parámetros estadísticos del incremento diamétrico mm/año según clases de DAP para toda la población incluyendo todos los sitios.

Parámetros estadísticos	Clases de DAP inicial en cm					
	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	50-59.9	> 60
Número de muestras	2685	763	287	125	52	41
Minímo	-1.62	-1.62	-0.96	-0.84	-0.32	-0.63
<b>Media</b>	<b>2.05</b>	<b>2.75</b>	<b>3.2</b>	<b>4.19</b>	<b>4.04</b>	<b>4.25</b>
Máximo	18.31	21.76	17.7	22.21	20.1	19.13
CV%	91.23	90.48	91.91	92.63	93.57	97.72
Error Estandar (EE)*	0.03	0.09	0.16	0.25	0.52	0.49
Límite Inferior de la mediana*	1.54	1.97	2.1	2.8	2.03	2.19
Cuartil 1	0.74	0.99	1.12	1.62	1.46	1.63
<b>Mediana</b>	<b>1.62</b>	<b>2.17</b>	<b>2.39</b>	<b>3.24</b>	<b>3.09</b>	<b>2.88</b>
Cuartil 3	2.8	3.73	4.21	5.51	5.76	5.19
Límite Superior de la mediana*	1.68	2.32	2.73	3.57	3.88	4.01

\* Estimación por el método *Bootstrap* (no paramétrico), nivel de confianza 95%.

Se determinó que existen diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $H=164.87$ ,  $p<0.0001$ ) entre el incremento según el tamaño de los árboles. Para explicar esas diferencias se realizó una comparación múltiple entre pares de clases de DAP, donde se encontró, tal como se observa en el Cuadro 6, que los árboles con diámetros entre 10 a 20 cm de DAP crecen menos en comparación con árboles de diámetros superiores.

Cuadro 6: Comparaciones múltiples entre la media de los rangos<sup>1</sup> del incremento (mm/año) entre clases de DAP.

Clase de DAP	Medias	Medianas	Rango	Grupos
10-19.9	2.05	1.62	1830.71	A
20-29.9	2.75	2.17	2178.05	B
30-39.9	3.2	2.39	2313.58	B C
50-59.9	4.04	3.09	2564.98	C D
> 60	4.25	2.88	2607.99	C D
40-49.9	4.19	3.24	2667.66	D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Sin embargo, para las clases intermedias de DAP las diferencias del incremento no están claramente establecidas. Aunque se observa una tendencia muy suave que a mayor diámetro el incremento es mayor, pero hasta un límite de 40 cm. a partir del cual el incremento no mostró diferencias significativas entre clases de DAP, como se puntualiza en el Cuadro 6.

La falta de una tendencia bien definida que a mayor diámetro mayor incremento, se observa en la Figura 1, donde se nota una alta variabilidad del incremento diamétrico (ver también CV% y número de muestras en el Cuadro 5), particularmente en las clases de DAP superiores donde hay menor número de muestras, coeficientes de variación más altos y valores de los cuartiles más amplios. Esto muestra que el incremento se ve influenciado por muchos factores además del DAP (Por ejemplo, Iluminación y forma de copa, calidad de fuste, entre otros), la misma situación han encontrado varios autores, como Louman *et al.* (2001), Pinelo (2000) y Morales (2003).

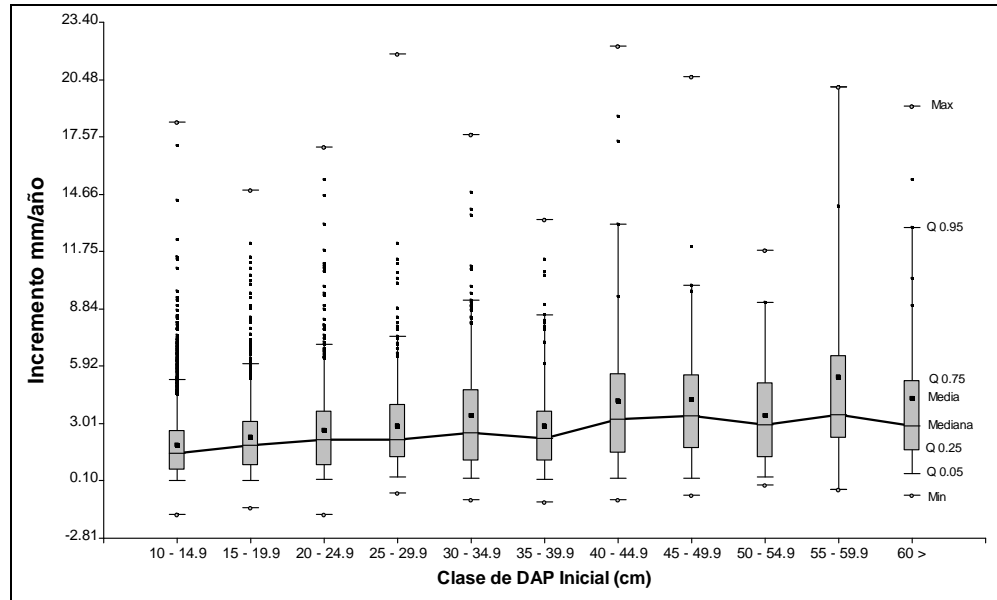


Figura 1: Parámetros estadísticos para el incremento diamétrico (mm/año) según clases de DAP para toda la población arbórea y sitios. La línea conecta valores de incremento mediano (Q= cuartiles, Min y Max = Valor Mínimo o Máximo observado).

<sup>1</sup> El rango está relacionado directamente con el valor de incremento mediano (mm/año), valores más bajos de incremento tienen valores de rango más bajos.

### 5.3 Velocidad de incremento

Para conocer el comportamiento del incremento diamétrico según las especies se realizó un análisis de conglomerado<sup>2</sup> incluyendo todos los sitios pero separando aquellas especies que tenían una muestra inferior a cinco árboles. El procedimiento se realizó para definir un agrupamiento racional para separar especies de crecimiento lento, intermedio y rápido.

Inicialmente se establecieron cinco grupos, pero análisis de comparación múltiple comprobaron la falta de diferencias significativas entre grupos de crecimientos rápidos extremos (Anexo 2). Por ello, se integraron cuatro grupos según su velocidad de incremento, tal como se presenta en el Cuadro 7. Análisis de varianza (Kruskal-Wallis,  $gl=4$ ,  $H=508.58$ ,  $p<0.0001$ ) y comparación de medias comprobaron la definición de estos cuatro grupos (detalles en el Anexo 2).

Cuadro 7: Parámetros estadísticos según grupos de velocidad de incremento (mm/año).

Parámetros Estadísticos	Muy Lento	Lento	Intermedio	Rápido
Número de especies	3	40	32	8
No de árboles	24	2113	1412	269
CV%	248.39	93.53	83.49	73.49
Mínimo	-1.46	-1.62	-1.28	-1.62
Media	0.28	1.74	2.87	4.94
Máximo	1.62	17.7	22.21	20.1
Límite Inferior de la Mediana*	0.12	1.31	2.24	3.75
Cuartil 1	0.00	0.63	1.25	2.43
Mediana	0.25	1.4	2.38	4.38
Cuartil 3	0.52	2.4	3.88	6.51
Límite Superior de la Mediana*	0.37	1.47	2.48	4.72

\* Estimación por el método *Bootstrap* (no paramétrico), nivel de confianza 95%.

Las especies de crecimiento rápido muestran incrementos medianos de 4.38 mm/año, con un límite superior confiable de 4.72 mm/año y con un máximo potencial de hasta 6.51 mm/año. En este grupo destaca el cedro que mostró el mayor incremento mediano de todas las especies, otras especies de interés que tienen crecimientos rápidos son caoba, danto y amapola.

En el grupo de especies de crecimiento intermedio se ubican algunas especies de interés, tal como santa maría, manchiche, canxán, san juan, amate, ramón blanco, chico zapote. Este grupo tiene incrementos medianos de 2.38 mm/año, pero hasta un límite superior confiable de 2.48 mm/año.

El grupo de crecimiento lento y muy lento muestra incrementos medianos menores a 2 mm/año, que inclusive son cercanos a cero (incremento mediano de 0.25 mm/año) para el grupo de crecimiento muy lento. Dentro de las especies de interés que tienen

<sup>2</sup> Método Jerárquico, agrupamiento promedio (Average Linkage), distancia Euclídea.

crecimientos lentos están, tinto, hormigo, mano de león, malerio colorado, guaya, pimienta, jobillo y maculís (matilisguate), ternera e izote de montaña que son de crecimiento muy lento.

En el Anexo 1 se presenta con detalle los parámetros del incremento diamétrico de las 83 especies incluidas en los análisis de agrupamiento.

## 5.4 Incremento por tratamientos silviculturales

En términos generales árboles de bosques donde se aplicaron tratamientos silvícolas crecen más (incremento mediano de 1.95 mm/año) que los árboles de bosques donde no se realizó ningún tipo de intervención (incremento mediano de 1.61 mm/año)(Wilcoxon,  $W=2735261$ ,  $p<0.0001$ ).

Sin embargo, esta tendencia no se puede generalizar para todos los sitios como se observa en el Cuadro 8. Esto implica que no se puede asumir *a priori* que la aplicación de tratamientos (Aprovechamiento, Liberación de copas o la combinación de ambos) mejorará el crecimiento diamétrico de los árboles. Similares resultados encontró Morales (2003) en Yarxché, San Miguel, Petén, donde los tratamientos silvícolas no tuvieron efecto en el incremento de los árboles, inclusive en los individuos deseables que se buscaba beneficiar. Pinelo (2000), por su parte también determinó que el efecto de los tratamientos no fue efectivo en todos los sitios.

No obstante, en este sentido vale la pena tomar en consideración la efectividad e intensidad del tratamiento aplicado. Es decir, si el tratamiento surtió el efecto deseado en los árboles que se buscaba beneficiar. Por ejemplo, en el caso de la liberación de copas se eliminan ciertos árboles (ya sea por anillamiento, envenenamiento o tala) para mejorar las condiciones de iluminación de otros árboles deseables, pero esto no siempre se cumple en su totalidad. Al respecto, Morales (2003) comprobó que un tratamiento de envenenamiento realizado en Yarxché solo fue efectivo en el 32% de los árboles.

Por otro lado, los análisis por sitio (Cuadro 8) consideran a toda la población de árboles sin distinción de sus características físicas y especies deseables, por lo que parece ser más conveniente aplicar filtros más finos.

Dados estas situaciones, en el acápite 5.5 se presentan un análisis separado, de la relación del incremento con factores internos y externos de los árboles que pueden influir en su crecimiento. Este análisis puede proporcionar algunas evidencias de cómo esos factores afectan el incremento, lo que es importante conocer para el análisis del potencial productivo de un bosque a largo plazo así como para orientar la prescripción de tratamientos silviculturales.

Cuadro 8: Parámetros estadísticos del incremento diamétrico (mm/año) según tratamientos silvícolas aplicados por sitio.

Sitio	Tipo de Tratamiento	No. Árboles	Error estándar	CV%	Mínimo	Media	Máximo	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3	Comparación Estadística*
Colorada	Aprovechamiento	138	0.27	92.37	-1.09	3.46	22.21	1.55	<b>2.72</b>	4.66	W=23587.5; p=0.0012
	Testigo	167	0.22	113.44	-0.62	2.56	20.65	0.78	<b>2.02</b>	3.42	
Laborantes	Aprovechamiento	189	0.27	102.06	-1.62	3.64	20.1	1.14	<b>2.59</b>	5.02	W= 43826.50; p= 0.0001
	Testigo	223	0.18	115.86	-1.62	2.34	19.13	0.81	<b>1.62</b>	2.76	
SanJose	Aprovechamiento + Liberación	208	0.13	78.14	-1.28	2.32	8.96	1.05	<b>1.92</b>	3.03	H=5.50; p=0.0638
	Liberación	104	0.21	79.3	-0.16	2.7	13.12	1.28	<b>2.28</b>	3.71	
	Testigo	309	0.11	87.13	-0.96	2.25	11.17	0.96	<b>1.76</b>	3.03	
SanMiguel	Aprovechamiento + Liberación	421	0.11	67.12	-0.68	3.36	12.31	1.66	<b>3.02</b>	4.61	W=3061; p<0.0001
	Testigo	137	0.12	95.66	-0.91	1.5	6.04	0.45	<b>1.13</b>	2.12	
Suchitan	Aprovechamiento	371	0.11	100.54	-0.88	2.02	14.89	0.75	<b>1.5</b>	2.75	H=6.64; p=0.0821
	Aprovechamiento + Liberación	595	0.09	97.26	-0.84	2.26	21.76	0.74	<b>1.73</b>	2.97	
	Liberación	439	0.08	89.21	-1	1.85	11.14	0.63	<b>1.5</b>	2.5	
	Testigo	652	0.08	97.05	-1.12	2.05	17.14	0.7	<b>1.55</b>	2.81	
Todos los sitios	Testigo	1488	0.06	102.56	-1.62	2.14	20.65	0.74	<b>1.61</b>	2.87	W=2735261; p<0.0001
	Tratadas	2465	0.05	93.58	-1.62	2.53	22.21	0.88	<b>1.95</b>	3.4	

\* Diferencias significativas(p<= 0.05). Estadístico: W (Prueba de Wilcoxon), H (Prueba de Kruskal-Wallis)

## 5.5 Comparación de incrementos entre individuos deseables e individuos marginales

Se sabe que en un bosque natural todos los individuos están en un proceso de competencia continua, que al final da como resultado poblaciones de individuos con diverso grado de desarrollo. Condiciones como el micrositio y el genotipo, entre otros factores favorecen el crecimiento de unos mientras margina el de otros. En el manejo forestal de bosques naturales latifoliados es muy importante conocer las tasas de crecimiento que muestran árboles que presentan diferentes condiciones, lo cual tiene dos fines: uno es que el análisis del potencial de producción sostenible de un bosque natural puede hacerse de una manera más efectiva si se conocen las diferencias en las tasas de crecimiento de individuos que presentan distintas condiciones y el otro es conocer si factores que pueden ser manipulados mediante tratamientos silviculturales, como la iluminación por ejemplo, pueden ser efectivos para mejorar el crecimiento de árboles marginados. Bajo esta perspectiva, se ha realizado un análisis mediante el cual se ha comparado el incremento de árboles que presentan condiciones deseables con el incremento de individuos marginados.

### 5.5.1 Proceso de análisis y resultados para todas las especies

Para realizar este análisis, primero se separaron individuos según sus condiciones silvícolas. La separación entre estos dos grupos se basó en la aplicación inicial de cuatro filtros:

1. Filtro 1, Identidad del árbol (Hutchinson 1992): Los árboles deseables seleccionados fueron aquellos que estuvieran en pie y con una inclinación

menor a 29°. El resto de individuos que no cumplieron esta condición fueron identificados como “no seleccionables”. Es decir, árboles inclinados en más de 30°, curvados, caídos, quebrados, tocones, entre otras características físicas no deseables con propósitos comerciales maderables.

2. Filtro 2, Calidad de fuste en la última medición: Se seleccionaron árboles con fustes rectos y de buena forma para propósitos maderables. Clases de calidad de fuste 1, 2 y 3. Árboles deformados, torcidos, quebrados, dañados o podridos fueron identificados como “no seleccionables”.
3. Filtro 3, Forma de copa (Synnott 1979, Dawkins 1958) registrado en la última medición: Los árboles con forma o vigor de copa buena a aceptable (círculo completo, irregular o medio círculo) fueron definidos como deseables. Se identificó como “no seleccionables” árboles con copas pobres (menos que medio círculo, solamente pocas ramas, rebrotes) o vivos sin copa.
4. Filtro 4; Registros dudosos: Se eliminaron árboles con valores fueran del rango establecido o en contradicción entre las variables de los tres filtros anteriores.

Luego de los cuatro filtros quedaron 3,922 registros de todos los sitios y todas las especies, 1,232 registros (31.4%) lograron satisfacer los cuatro filtros que corresponden a los deseables; 2,690 árboles que no cumplieron los criterios de depuración en los cuatro filtros aplicados fueron llamados “no seleccionables”.

Las diferencias del incremento diámetro entre ambos grupos fueron significativas (Wilcoxon  $W=3055079.5$ ,  $p<0.0001$ ), tal como se observa en el Cuadro 9, donde todos los parámetros estadísticos de interés fueron mejores para los árboles deseables.

Por ejemplo, la mediana del incremento diamétrico es casi dos veces mayor en los árboles deseables (1.48 mm/año en los no seleccionables contra 2.72 mm/año en los deseables). Asimismo, los árboles deseables tienen un mejor potencial de crecimiento, ya que pueden alcanzar incrementos de hasta 4.38 mm/año (3er cuartil), mientras que los no seleccionables de solo 2.72 mm/año (3er cuartil).

Cuadro 9: Parámetros estadísticos del incremento diamétrico (mm/año) de árboles deseables.

Parámetros Estadísticos	Deseable	No Seleccionables
Número de árboles	1232	2690
Mínimo	-0.49	-1.62
Media	3.27	1.99
Máximo	22.21	18.64
CV%	78.26	103.93
Limite Inferior de la mediana*	2.53	1.38
Cuartil 1	1.55	0.63
Mediana	2.72	1.48
Cuartil 3	4.38	2.72
Limite Superior de la mediana*	2.81	1.55

\*Estimación por bootstrap, confianza al 95%

Luego que se comprobó la diferencia entre árboles deseables y no seleccionables, se hicieron análisis para observar el comportamiento de la iluminación de copa y la

presencia de lianas en los árboles seleccionables a quienes iría dirigido un tratamiento de liberación. Estas dos variables silvícolas son claves ya que son las que se busca mejorar en los individuos deseables durante la aplicación de tratamientos de liberación o mejora.

La única variable que mostró diferencias significativas en el incremento fue la iluminación de copa (Kruskal-Wallis,  $g=5$ ,  $H=96.46$ ,  $p<0.0001$ ). La comparación múltiple entre clases de iluminación evidenció que los árboles con copas completas expuestas (sobresalientes en el dosel, clase de iluminación 1) o con exposición vertical solamente (clase de iluminación 2) crecen más rápido. El resto de clases de iluminación de copa no mostró diferencias significativas entre clases (Anexo 3). La presencia de lianas aparentemente no tiene ningún efecto en el crecimiento de los árboles, ya que no se evidenciaron diferencias significativas en el incremento diamétrico (mm/año) entre nueve categorías de ausencia o presencia de lianas en fuste y/o copa (Kruskal-Wallis,  $g=8$ ,  $H=11.75$ ,  $p=0.1629$ , detalles en el Anexo 3).

Dado que se estableció la influencia de la iluminación de copa en el incremento, se aplicó el 5to filtro para definir dos tipos de árboles: liberados y no liberados. Los árboles liberados fueron aquellos que cumplieron los primeros cuatro filtros y que además tuvieron copas completas expuestas (sobresalientes en el dosel, clase de iluminación 1) o con exposición vertical únicamente (clase de iluminación 2). Solamente 425 individuos, que corresponde al 10.8% del total (3,922 árboles), cumplieron con los cinco filtros aplicados y fueron seleccionados como árboles liberados. Es decir, los beneficiados por un tratamiento de liberación de copas<sup>3</sup>.

Los resultados muestran que los árboles liberados tienen una mejor tasa de crecimiento diamétrico (Wilcoxon,  $W=1195774.5$ ,  $p<0.0001$ ). Estos árboles tienen incrementos medianos de 3.36 mm/año, mientras que los no liberados solamente de 1.63 mm/año, una relación alrededor de 2 a 1. Todos los parámetros estadísticos son mejores en los árboles liberados. Por ejemplo, mientras en los árboles no liberados el límite superior de la mediana (Ver límites de confianza para la mediana en el Cuadro 10) es menor a 2 mm/año, el límite inferior para la mediana en los individuos liberados es superior a 3 mm/año. Claramente se nota que los árboles liberados tienen mejor potencial de crecimiento.

---

<sup>3</sup> Para efectos de este ejercicio, el grupo de árboles denominados "Liberados" son individuos deseables con buenas condiciones de iluminación, pero que de haber estado en condiciones desfavorables en cuanto a iluminación de copas, habrían sido liberados en un tratamiento silvicultural de este tipo. Algunos de estos árboles de hecho, fueron liberados a través de estos tratamientos en el inicio de los experimentos, en tanto que otros árboles fueron liberados por procesos naturales.

Cuadro 10: Parámetros estadísticos del incremento diamétrico (mm/año) de árboles liberados (iluminación 1 y 2) y no liberados (iluminación 3, 4 y 5).

Parámetros Estadísticos	Liberado	No Liberado
Número de árboles	425	3497
Mínimo	-0.32	-1.62
Media	4.17	2.17
Máximo	21.76	22.21
CV%	72.69	96.89
<b>Límite Inferior de la mediana*</b>	<b>3.09</b>	<b>1.6</b>
Cuartil 1	2.12	0.75
<b>Mediana</b>	<b>3.36</b>	<b>1.63</b>
Cuartil 3	5.51	2.95
<b>Límite Superior de la mediana*</b>	<b>3.82</b>	<b>1.73</b>

\* Estimación por Bootstrap, confianza al 95%.

La misma tendencia se encontró a nivel de cada sitio de investigación, tal como se detalla en el Cuadro 11, donde se observa que en todos los casos los árboles liberados tienen mejores incrementos que los árboles no liberados. Inclusive, estas diferencias pueden llegar a ser tres veces mayor, como en el caso de Laborantes, donde árboles liberados tienen incrementos medianos mayores a 5 mm/año y los no liberados tienen incrementos medianos inferiores a 2 mm/año.

Cuadro 11: Prueba de Wilcoxon entre el incremento (mm/año) de árboles liberados y no liberados por sitios.

Sitio	Número de árboles		Media		Mediana		W	p(2 colas)
	Liberado	No Liberado	Liberado	No Liberado	Liberado	No Liberado		
Colorada	16	289	6.67	2.76	6.29	2.17	3961	<0.0001
Laborantes	52	354	6.04	2.4	5.27	1.62	16411.5	<0.0001
SanJose	53	568	4.01	2.19	3.36	1.77	23424	<0.0001
SanMiguel	49	505	4.83	2.72	4.83	2.34	20077	<0.0001
Suchitan	255	1781	3.54	1.87	2.88	1.48	371427	<0.0001

Diferencias significativas  $p < 0.05$

Ya con las evidencias estadísticas establecidas, la última etapa de éste análisis consistió en seleccionar las especies deseables u objetivo en la aplicación de un tratamiento silvícola y observar su respuesta. De un total disponible de 18 especies se depuraron 4 (cola de coche, matiliguete, jobillo y pimienta) por no tener suficientes muestras de árboles liberados para el análisis.

Se encontró que no todas las especies tienen diferencias en el incremento de los árboles liberados, tal como amapola, cedro, chico zapote, copal, danto, hormigo y manchiche. En estas especies se observa que en casi todos los casos el incremento en árboles liberados es mayor, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas como se detalla en el Cuadro 12. Esto posiblemente se deba a que existen muy pocos registros de árboles para determinar adecuadamente las tendencias del incremento luego de la aplicación de tratamientos silvícolas. Por ejemplo, en el caso de amapola, hormigo y catalox solo se tuvieron dos registros de árboles liberados, aunque en este último si se encontraron diferencias significativas. Estos resultados sugieren tener prudencia con los datos de incremento de especies que tienen pocos registros.



Cuadro 12: Incremento diamétrico (mm/año) de especies comerciales por grupo (liberados y no liberados).

Nombre Común	Tratamiento	No. Arb.	CV%	Mínimo	Media	Máximo	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3	W	p(2 colas)*
Amapola	Liberado	2	43.84	5.97	8.65	11.33	5.97	8.65	11.33	18	0.2182
	No Liberado	9	90.61	0.23	3.75	10	1.61	2.23	6.5		
Canxan	Liberado	14	59.44	1.12	4.37	11.14	2.35	4.73	5.69	576.5	0.0336
	No Liberado	49	79.52	-0.84	2.79	8.91	0.99	2.6	4.08		
Caoba	Liberado	49	53.51	1.36	6.63	19.13	4.57	<b>6.16</b>	8	3470.5	<0.0001
	No Liberado	61	74.73	0.49	3.98	13.13	2.11	2.97	4.63		
Catalox	Liberado	2	20.5	8.23	9.63	11.02	8.23	<b>9.63</b>	11.02	27	0.022
	No Liberado	12	89.51	-0.23	2.59	7.92	0.49	2.35	3.57		
Cedro	Liberado	6	75.32	2.95	8.04	20.1	5.9	6.38	6.57	15	0.1714
	No Liberado	4	92.07	1.36	3.45	8.1	1.36	2.16	2.81		
Chico zapote	Liberado	11	32.9	1.46	2.59	4.08	1.51	2.72	3.25	776.5	0.1132
	No Liberado	100	84.48	-0.96	2.18	11.35	0.99	1.99	2.88		
Copal	Liberado	4	71.09	1.24	3.66	7.3	1.24	3.05	3.51	138	0.1979
	No Liberado	46	104.41	0.25	2.5	17.14	1.36	2.04	2.8		
Danto	Liberado	9	65.43	-0.32	6.13	12.16	3.59	5.62	8.23	10	0.1
	No Liberado	3	111.17	0.16	1.38	3.11	0.16	0.88	3.11		
Hormigo	Liberado	2	10.87	2.97	3.21	3.46	2.97	3.21	3.46	11	0.381
	No Liberado	5	74.82	0	1.71	3.57	1.38	1.62	2		
Malerio colorado	Liberado	72	68.28	-0.08	2.39	9.63	1.36	1.98	3.09	13616.5	<0.0001
	No Liberado	204	85.61	-0.49	1.23	7.44	0.38	0.93	1.75		
Manchiche	Liberado	9	69.99	0.97	3.74	8.16	1.75	2.76	6.34	164	0.3839
	No Liberado	22	73.13	0	2.87	6.26	0.75	3.07	4.86		
Mano de leon	Liberado	6	51.7	3.25	5.8	11.46	3.32	<b>5.44</b>	5.89	360.5	0.0006
	No Liberado	61	92.06	-1.3	1.76	6.76	0.45	1.21	2.8		
Ramon blanco	Liberado	9	46.32	0.98	4.17	8.16	3.11	4.19	4.78	603.5	0.015
	No Liberado	83	112.85	-0.16	2.84	22.21	0.84	2.08	3.65		
Saltemuche	Liberado	5	12.57	2.5	2.81	3.38	2.53	2.81	2.81	250	0.0286
	No Liberado	59	68.45	0.12	1.77	6.68	0.81	1.61	2.72		
Santa maria	Liberado	32	70.28	0.87	5.38	21.76	2.84	4.99	6.26	2089.5	<0.0001
	No Liberado	64	63.34	0.42	2.87	8.98	1.61	2.43	3.63		

\*Diferencias significativas  $p < 0.05$

Las especies en las que se encontró que árboles liberados crecen mucho mejor que los árboles testigo (no liberados) fueron canxán, caoba, catalox, malerio colorado, mano de león, ramón blanco, saltemuche y santa maría. En promedio los árboles liberados tienen incrementos medianos 2.5 veces mayores que los no liberados, inclusive puede llegar a ser 4.5 veces superior en el caso de mano de león. La menor relación se observa en malerio colorado donde los árboles liberados tienen incrementos medianos 1.75 veces mayores que los no liberados.

Los resultados genéricos del incremento de la simulación del tratamiento de 13 especies maderables (amapola, canxán, caoba, catalox, cedro, danto, hormigo, malerio colorado, manchiche, mano de león, ramón blanco, saltemuche y santa maría) se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Incremento diamétrico de las especies maderables según árboles liberados y no liberados.

Tratamiento	No. Arb.	Media	CV%	Mínimo	Máximo	Li*	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3	Ls*	Wilcoxon
Liberado	217	<b>4.59</b>	75.13	-0.32	21.76	<b>3.23</b>	2.11	<b>3.79</b>	6.16	<b>4.55</b>	W=127284, p<0.0001
No Liberado	636	<b>2.23</b>	99.32	-1.3	22.21	<b>1.6</b>	0.69	<b>1.74</b>	2.97	<b>1.86</b>	

\*Límites superior (Ls) e inferior (Li) estimados por Bootstrap (no paramétrico), confianza 95%.

Estos resultados se presentan solamente con fines ilustrativos, para conclusiones específicas a nivel de especie se recomienda consultar el cuadro anterior.

Se observa claramente que los árboles liberados de estas especies maderables tienen mejores incrementos que los árboles que no se liberaron. En el caso de los primeros el incremento mediano es de 3.79 mm/año con límites confiables para la mediana que oscilan entre 3.23 a 4.55 mm/año, inclusive tienen un potencial de crecimiento de hasta 6.16 mm/año (tercer cuartil). Por su parte los árboles que no reciben ningún tratamiento solamente tienen un incremento mediano de 1.74 mm/año, alrededor de 2 mm/año menos que los árboles liberados. Incluso el límite superior de la mediana en los liberados supera los 4 mm/año y en los no liberados es menor a 2 mm/año.

### 5.5.2 Comparación de incrementos en árboles deseables

Los análisis previos consistieron en una comparación entre árboles deseables con buena iluminación de copa y el resto de individuos que incluye árboles con iluminación deficiente, copas y fustes mal conformados. Debido a que factores intrínsecos de cada individuo, como la forma de la copa y la calidad de su fuste podrían influir en el incremento, se hizo un análisis excluyendo el grupo de árboles denominados no seleccionables en el cuadro 9. En este caso, el objetivo ha sido determinar la relación del grado de iluminación con el incremento, solamente en la población de árboles deseables, ya que estos serían candidatos a ser beneficiados en un plan silvicultural de liberación de copas. Este análisis consistió en determinar las diferencias en el incremento en función del grado de iluminación de la copa, para lo cual se formaron dos grupos, árboles deseables con iluminación buena (códigos de iluminación 1 y 2) y árboles deseables con iluminación deficiente (códigos de iluminación 3, 4 y 5).

Cuadro 14: Incremento diamétrico (mm/año) de árboles deseables de especies comerciales, según el grado de iluminación de copa.

Especie	Número de árboles		Media (mm/año)		Mediana (mm/año)		W*	p(2 colas)*
	I-Buena	I-Def.	I-Buena	I-Def.	I-Buena	I-Def.		
Amapola	2	3	8.65	6.08	8.65	6.50	7	0.8000
Canxan	14	5	4.37	3.72	4.73	3.96	44.5	0.6400
Caoba	49	28	6.63	3.83	6.16	2.78	739.5	0.0002
Catalox	2	2	9.63	5.90	9.63	5.90	7	0.3333
Chico zapote	11	27	2.59	3.36	2.72	2.88	185	0.3423
Hormigo	2	2	3.21	2.78	3.21	2.78	5	>0.9999
Malerio colorado	72	60	2.39	1.52	1.98	1.48	3293	0.0014
Manchiche	9	3	3.74	4.10	2.76	3.72	23.5	0.5000
Mano de leon	6	10	5.80	3.05	5.44	3.48	71	0.0312
Ramon blanco	9	11	4.17	4.22	4.19	3.09	114	0.1385
Saltemuche	5	21	2.81	2.17	2.81	1.78	91	0.1261
Santa maria	32	16	5.38	3.79	4.99	2.91	312.5	0.0820

El resultado de este análisis muestra que de las 12 especies analizadas, en 10 de ellas el incremento fue mayor en los árboles con buena iluminación, aunque solamente para el caso de la caoba, malerio colorado y mano de león las diferencias son estadísticamente significativas (Ver prueba de Wilcoxon y valor de  $p$  menor a

0,05 en el Cuadro 14). En estas especies, el incremento mediano fue 1.75 veces mayor en árboles bien iluminados comparado con árboles con iluminación deficiente.

### 5.5.3 Análisis específico para la especie Caoba

Para la caoba en específico, la especie más importante para el manejo forestal en la región, se realizó una comparación del incremento por clases de diámetro de los árboles según su condición de tratamiento (Cuadro 15). Se observa que árboles liberados tienen mayores incrementos en todas las clases de diámetro, que incluso puede ser de hasta 7.11 mm/año en los individuos de menor tamaño (diámetro entre 10 a 19.9 cm.), 4.57 mm/año más que los árboles no liberados.

Cuadro 15: Incremento diamétrico (mm/año) de caoba por clases de diámetro (cm.) incluyendo todos los sitios.

Clase de DAP	Número de árboles		Promedios		Medianas		Diferencia entre medianas Liberado - No Liberado
	Liberado	No Liberado	Liberado	No Liberado	Liberado	No Liberado	
10 - 19.9	4	17	6.8	3.21	7.11	2.59	4.52
20 - 29.9	7	11	5.69	2.43	4.54	2.43	2.11
30 - 39.9	12	16	6.99	4.54	7.05	3.38	3.67
40 - 49.9	11	10	5.54	5.94	5.63	3.62	2.01
Mayor de 50	15	7	7.54	4.22	6.32	2.97	3.35
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>61</b>	<b>6.63</b>	<b>3.98</b>	<b>6.16</b>	<b>2.97</b>	<b>3.19</b>

Por otra parte, en esta especie no se observaron tendencias que diferencien el incremento de los árboles liberados según su tamaño diamétrico, tal como se ilustra en la Figura 2. Por ejemplo, no se puede sostener que los árboles de 10 cm. de diámetro crecen más que los árboles de 20 cm., a pesar que en estos tamaños fue en donde se encontró el máximo (7.11 mm/año) y mínimo (4.54 mm/año) incremento, respectivamente. Análisis estadísticos demostraron la falta de diferencias significativas (Kruskal-Wallis,  $gl=4$ ,  $H=3.08$ ,  $p=0.5443$ ) entre todas las clases de diámetro.

La razón para la utilización de la mediana como valor de referencia en los análisis de incremento se advierte perfectamente en las clases de diámetro de 40 a 49.9 cm. en la Figura 2, donde la media es superior en los árboles no liberados a pesar que su mediana es menor en 2 mm/año. Este comportamiento es típico del incremento diamétrico en bosques naturales con datos sesgados (tasas elevadas de crecimiento ocurren, pero con poca frecuencia), donde la media puede ser fuertemente influenciada por tasas de crecimiento extremas (Louman *et al.* 2001).

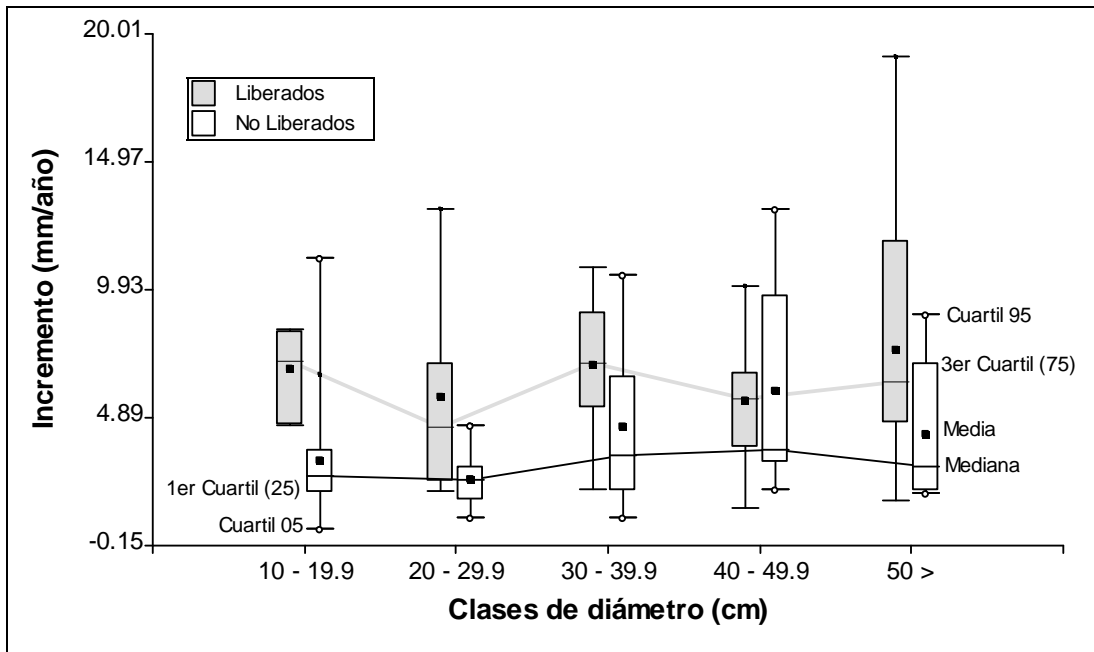


Figura 2: Distribución del incremento (mm/año) por clases de DAP en caoba. Las líneas conectan el incremento mediano. Puntos en los extremos corresponden también a mínimo y máximo observado.

Esta tendencia de mayores incrementos en los árboles liberados tiene implicaciones para la definición de los ciclos e intensidades de corta permisible, elementos esenciales para el manejo sostenible del bosque natural. Es decir, árboles liberados crecerán más rápido por lo que el ciclo de corta puede reducirse o bien aumentarse la intensidad de corta permisible o la combinación de ambos criterios. Este concepto se ilustra perfectamente con el cálculo de los tiempos de paso<sup>4</sup>, el cual se presenta en el Cuadro 16 y Figura 3.

Cuadro 16: Tiempos de paso de árboles de caoba según tratamiento.

Variables	Tratamiento	Clases de Dap en cm.								
		10 - 14.9	15 - 19.9	20 - 24.9	25 - 29.9	30 - 34.9	35 - 39.9	40 - 44.9	45 - 49.9	> 50
No. de árboles	Liberados	1	3	4	3	8	4	8	3	15
	No Liberados	11	6	9	2	7	9	3	7	7
Incremento Mediano (mm/año)	Liberados	5.93	8.28	4.69	4.54	6.73	7.46	5.9	5.35	6.32
	No Liberados	2.48	3.24	2.43	1.62	3.24	3.51	3.5	3.73	2.97
Tiempos de paso en años	Liberados	8.43	6.04	10.66	11.01	7.43	6.70	8.47	9.35	7.91
	No Liberados	20.16	15.43	20.58	30.86	15.43	14.25	14.29	13.40	16.84
Edad Acumulada	Liberados	8.43	14.47	25.13	36.14	43.57	50.28	58.75	68.10	76.01
	No Liberados	20.16	35.59	56.17	87.03	102.47	116.71	131.00	144.40	161.24

Se puede observar que los tiempos de paso varían considerablemente según el tratamiento. A partir de 10 cm. de diámetro a los árboles liberados les toma en promedio 76 años alcanzar un diámetro de 50 cm., mientras que los no liberados necesitan 161 años, una diferencia de 85 años.

<sup>4</sup> El tiempo de paso (TP) consiste en el tiempo (años) que un árbol necesita crecer para pasar a la clase diamétrica superior. Se calcula según el ancho de la clase de diámetro y el incremento diamétrico.  $TP = \text{ancho de clase} / \text{incremento}$ . Entre mayor sea el incremento menor será el TP.

Tal como se observa en la Figura 3, los árboles liberados tienen un patrón de crecimiento más acelerado que los no liberados. Es decir, las diferencias en la edad acumulada serán más amplias al aumentar el diámetro de referencia. Por ejemplo, un árbol liberado de 10 cm. de diámetro alcanzará un tamaño de 30 cm. en 43 años y uno no liberado necesitará 102 años, 59 años de diferencia. Al aumentar el tamaño de referencia a 40 cm. la diferencia se incrementará en 73 años.

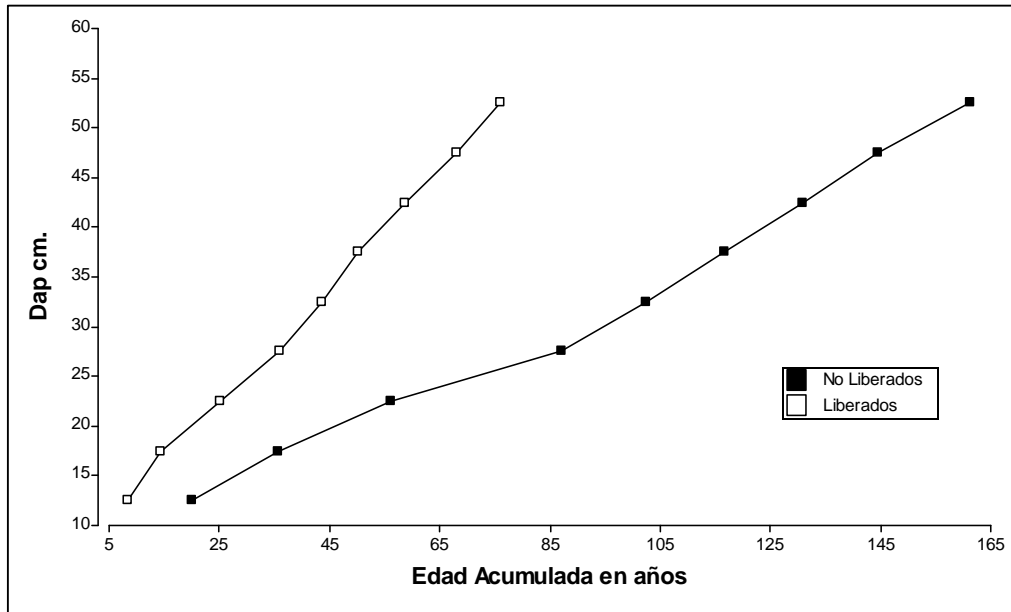


Figura 3: Edad acumulada y diámetro de árboles de caoba según tratamiento.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Según el grupo de sitios analizados el incremento diamétrico en la unidad de manejo Chanchich (Suchitán) es menor. En los otros sitios no se encontraron incrementos notoriamente superiores que diferenciaran a alguno de ellos en particular. Inclusive en algunos sitios relativamente distantes las diferencias no fueron significativas.
2. Si bien la comprensión del comportamiento del incremento a nivel de todo el bosque, considerando todas las especies, es importante para múltiples aplicaciones, es necesario desagregar el análisis a nivel de características específicas de los árboles. Tal como la forma o vigor de copa, calidad de fuste y la exposición de copa en el dosel, variables que, según se determinó, influyen considerablemente en el crecimiento de los árboles. Además, se observó que la presencia o ausencia de lianas no tuvo relación con el incremento diamétrico. No obstante, es muy aventurado recomendar la eliminación de la práctica de corte de lianas hasta no tener mejores evidencias, en períodos de monitoreo más largo, de su relación con el incremento o su influencia en la forma y calidad del fuste.
3. No se encontró una tendencia clara que a mayor tamaño los árboles crecerán mejor, esto es particularmente evidente en clases de diámetro intermedias (alrededor de 40 cm.) donde no se observaron diferencias significativas en el incremento.
4. Se logró diferenciar cuatro grupos de especies según la velocidad de incremento diamétrico. Se encontraron especies con tasas de crecimiento muy lento, lento, intermedio y rápido. En todos los casos se encontraron diferencias significativas entre grupos para un total de 83 especies analizadas.
5. La aplicación de tratamientos silviculturales, tal como la liberación de copas, ejecución de aprovechamientos forestales o la combinación de ambos, no necesariamente mejorará el incremento de los árboles a nivel del bosque en su conjunto. ya que se determinó que en algunos sitios el incremento promedio no varió por la aplicación de tratamientos. No obstante, se hace la salvedad que no se hizo un análisis específico para los árboles directamente beneficiados con los tratamientos, por lo que estos resultados no descartan el supuesto que la liberación mejora el incremento de los árboles. En efecto, este supuesto se refuerza a partir de las evidencias encontradas en las que se demuestra que la iluminación influye significativamente en el incremento, especialmente para especies heliófilas como es el caso de Caoba.
6. Se comprobó que árboles con características fenotípicas deseables, tal como fustes rectos y bien formados, copas bien expuestas en el dosel y forma o vigor de copa buena o aceptable, crecen considerablemente mejor.
7. Los resultados de mejores incrementos en árboles liberados no fueron particularmente válidos para todas las especies deseables analizadas, por lo que se recomienda realizar análisis específicos, debido a la naturaleza

extremadamente variable del incremento. Cabe mencionar en este punto que en muchas especies no se contó con suficientes datos para realizar análisis más detallados que ayudaran a explicar de mejor forma los resultados encontrados. De igual manera, es necesario considerar que naturalmente no todas las especies tienen la misma capacidad intrínseca de responder a tratamientos de liberación, dado que existen especies que presentan una buena tolerancia a la falta de luz, como las denominadas esciófitas. En este contexto, es necesario ampliar el esfuerzo de muestreo enfocándose en especies comerciales o deseables para el manejo forestal.

8. Análisis específicos para caoba demostraron que árboles en condiciones silvícolas deseables crecen considerablemente mejor que el resto de individuos de esta misma especie. Aún entre árboles que presentan condiciones similares de fuste y copa, individuos bien iluminados duplican el incremento, contrario a aquellos con iluminación deficiente. Un análisis de tiempos de paso a partir de estos resultados, muestra que el tiempo que le toma a un árbol de tamaño más pequeño (10 cm) alcanzar diámetros superiores (50 cm) se estima que es 85 años menor en los árboles liberados (bien iluminados) de esta especie.
  
9. Los resultados encontrados en el caso de la especie de Caoba, sugieren que la aplicación de tratamientos silviculturales efectivos, especialmente los que buscan manipular el grado de luz directa que reciben los árboles, podrían reducir los períodos de los ciclos de corta y aumentar, con criterios de sostenibilidad, la productividad del bosque. Por el contrario, establecer una tasa de producción sostenible en ausencia de tratamientos silviculturales, precisa diferenciar los árboles en condiciones deseables (fustes rectos, copas bien formadas, sin daños y en buenas condiciones de exposición de copas en el dosel), que como se demostró tienen tasas más altas de crecimiento, al contrario de aquellos árboles decrepitos, mal formados y suprimidos en el dosel.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, S; Mazá, M; Hernández, A; Cifuentes, G. 2006. Desarrollo de un sistema de Parcelas Forestales Permanentes de Muestreo en Guatemala. MAGA/PARPA, AGROCYT, INAB, NPV. 215 p.
2. Brenes, H; Martins, P. 1996. SEMAFOR: Sistema para evaluación, monitoreo y análisis forestal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 83 p.
3. CONAP, CATIE. 2001. Taller de presentación de resultados sobre monitoreo de la dinámica del bosque natural en la Reserva de la Biosfera Maya en parcelas permanentes de muestreo. Proyecto CATIE/CONAP, Petén, Guatemala. (informe). (Presentación en MS-PowerPoint y documento de informe).
4. InfoStat. 2008a. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
5. InfoStat 2008b. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas, Argentina. 334 p.
6. Linares Reinoso, A.V.; Aguilar Mendoza, S.A.; Lucero Brindis, M.J.; Vasquez, N. 2003. Primer Monitoreo de las 18 Parcelas Permanentes, ubicadas en Sitios Experimentales En Alta Verapaz, Izabal y Peten. INAB, NPV, Petén, Guatemala. 53 p.
7. Louman, B; Pinelo, G; Carrera, F; Morales, J. 2001. Informe de avances en el monitoreo de la dinámica del bosque en Peten, Guatemala. CATIE, CONAP, NPV, Guatemala. 30 p.
8. Morales Cancino, J. 2003. Efecto del aprovechamiento forestal maderable en la estructura, composición y dinámica del bosque natural en San Miguel, San Andrés, Petén, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía (USAC), Guatemala. 85 p.
9. Pinelo, G. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 52 pp.



## 8 ANEXOS

Anexo 1: Parámetros estadísticos del incremento (mm/año) según especies y grupos de velocidad de incremento.

Nombre Comun	Grupo	No. Arboles	Desviación Estándar	Error Estandar	CV %	Mínimo	Media	Máximo	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3
Cedro	Rápido	10	5.42	1.71	87.37	1.36	6.21	20.1	2.81	6.08	6.57
Zacuayum	Rápido	67	2.38	0.29	49.94	-0.44	4.76	12.14	3.59	4.87	6.3
Caoba	Rápido	110	3.49	0.33	67.57	0.49	5.16	19.13	2.43	4.38	6.65
Luin hembra	Rápido	11	5.17	1.56	102.94	-0.19	5.03	18.31	0.98	4.21	6.12
Danto	Rápido	12	4.09	1.18	82.77	-0.32	4.94	12.16	0.88	3.91	8.15
Amapola	Rápido	11	3.82	1.15	82.33	0.23	4.64	11.33	1.61	3.83	7.18
Sosni	Rápido	18	3.38	0.8	77.77	0.13	4.35	10.7	1.75	3.71	5.76
Gesmo	Rápido	30	5.08	0.93	110.82	-1.62	4.58	18.64	0.7	3.15	8.43
Matasano	Medio	7	2.17	0.82	65.25	0.25	3.33	5.62	0.74	3.65	5.34
Papaturre	Medio	10	2.63	0.83	75.59	0.45	3.48	7.76	0.98	3.34	5.67
Chonte	Medio	12	2.05	0.59	65.13	0.7	3.16	6.95	0.81	3.32	4.08
Catalox	Medio	14	3.37	0.9	93.8	-0.23	3.6	11.02	0.75	3.21	4.7
Hule	Medio	5	2.18	0.98	57.31	1.36	3.81	6.8	2.49	3.17	5.21
Chechen negro	Medio	13	2.02	0.56	53.82	1.95	3.74	9.64	2.76	3.13	4.45
Santa maria	Medio	96	2.88	0.29	77.53	0.42	3.71	21.76	1.88	3.09	4.94
Manchiche	Medio	31	2.25	0.4	72.13	0	3.12	8.16	1.13	2.88	5.07
Canxan	Medio	63	2.38	0.3	75.77	-0.84	3.14	11.14	1.36	2.88	4.63
Papaturre	Medio	9	1.33	0.44	52.52	0.88	2.54	4.2	1.36	2.63	3.76
Chacaj colorado	Medio	32	2.15	0.38	72	0.08	2.98	10.16	1.76	2.56	3.89
Silion	Medio	120	2.6	0.24	84.06	0	3.1	20.65	1.46	2.47	4.38
Palo de diente	Medio	11	2.15	0.65	74.25	0.37	2.9	7.26	0.99	2.47	4.63
San juan	Medio	6	2.2	0.9	75.52	0.74	2.91	6.68	1.36	2.42	3.83
Sapamucho	Medio	19	2.06	0.47	78.82	0.38	2.62	7.47	1.11	2.38	3.76
Palo de coche	Medio	111	1.72	0.16	65.55	-0.88	2.62	7.13	1.38	2.38	3.63
Chechen blanco	Medio	194	1.72	0.12	62.1	0.32	2.77	8.85	1.54	2.37	3.68
Amate	Medio	12	2.61	0.75	83.96	0.23	3.1	7.93	0.96	2.36	3.37
Carcomo	Medio	8	1.88	0.67	71.99	0.25	2.62	6.01	0.63	2.35	3.13
Yaxnik	Medio	93	3.11	0.32	94.13	-0.16	3.3	12.31	1.04	2.27	4.72
Luin macho	Medio	31	1.64	0.29	67.2	0.28	2.44	6.74	1.4	2.25	3.09
Tama-hay	Medio	32	1.57	0.28	68.17	0.16	2.31	6.25	0.97	2.17	3.23
Ramon blanco	Medio	93	3.11	0.32	105.24	-0.16	2.96	22.21	0.91	2.17	3.93
Chintoc blanco	Medio	11	1.75	0.53	71.68	0.08	2.43	5.52	1.12	2.17	3.42
Pasaque hembra	Medio	47	1.86	0.27	72.01	0.12	2.59	7.48	1.13	2.13	3.08
Copal	Medio	50	2.61	0.37	100.38	0.25	2.6	17.14	1.36	2.09	2.8
Chico zapote	Medio	111	1.77	0.17	79.72	-0.96	2.22	11.35	1.18	2	2.88
Jobo	Medio	77	3.16	0.36	109	-0.6	2.9	17.34	0.98	1.96	3.78
Tempisque	Medio	13	2.81	0.78	103.34	-0.62	2.72	7.93	0.45	1.86	4.54
Sacuche	Medio	66	1.82	0.22	80.24	-1.28	2.26	7.05	0.96	1.8	3.36
Pataxte	Medio	10	4.4	1.39	145.47	-0.32	3.02	14.77	0.97	1.54	2.92
Palo espinudo	Medio	5	3.62	1.62	140.23	-0.16	2.58	8.75	0.31	1.26	2.76

Continuación Anexo 1.

Nombre Comun	Grupo	No. Arboles	Desviación Estándar	Error Estandar	CV %	Mínimo	Media	Máximo	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3
Tinto	Lento	8	1.33	0.47	75.89	-0.88	1.75	2.84	0.5	2.24	2.72
Tzol	Lento	31	1.6	0.29	84.64	-0.91	1.89	5.89	0.56	2.02	2.96
Hormigo	Lento	7	1.29	0.49	60	0	2.14	3.57	1.38	2	3.46
Chilonche	Lento	37	1.87	0.31	87.19	-0.25	2.14	10.88	1.04	1.85	2.43
Chununte	Lento	7	1.5	0.57	72.84	0.8	2.07	4.87	0.87	1.83	3.25
Testap	Lento	45	1.6	0.24	74.84	-0.25	2.13	7.01	1.12	1.78	2.88
Malerio blanco	Lento	37	1.27	0.21	78.34	-0.14	1.62	5.19	0.62	1.76	2.23
Naranjillo	Lento	21	1.48	0.32	73.87	-0.12	2.01	5.97	1	1.75	2.75
Cascarillo	Lento	19	1.16	0.27	63.03	0.17	1.84	4.01	0.88	1.75	2.63
Mano de leon	Lento	67	2.1	0.26	99.04	-1.3	2.12	11.46	0.53	1.74	3.32
Guacimo	Lento	20	1.65	0.37	82.12	0.12	2.01	6.56	0.75	1.74	2.38
Saltemuche	Lento	64	1.2	0.15	64.78	0.12	1.85	6.68	0.87	1.72	2.72
Cedrillo hoja fina	Lento	34	1.31	0.23	76.29	-0.78	1.72	4.04	0.56	1.69	2.95
Zapotillo hoja fina	Lento	414	1.93	0.09	92.85	-0.88	2.08	17.7	0.84	1.67	2.8
Roble	Lento	82	2.26	0.25	113.8	-0.17	1.99	13.89	0.63	1.62	2.51
Chile malache	Lento	18	0.75	0.18	46.89	0.28	1.6	2.81	1.09	1.58	2.33
Sastante	Lento	13	1.01	0.28	62.87	0.37	1.6	3.79	1	1.48	2.32
Guaya	Lento	7	1.21	0.46	76.12	0.47	1.59	4.19	0.81	1.4	1.55
Quisainche	Lento	10	1.47	0.47	76.61	0.47	1.92	4.54	0.88	1.37	2.43
Malerio colorado	Lento	277	1.33	0.08	87.14	-0.49	1.52	9.63	0.5	1.36	2.13
Caniste	Lento	119	1.92	0.18	98.38	-0.72	1.95	9.47	0.49	1.36	2.81
Pimienta	Lento	11	0.55	0.16	40.25	0.64	1.36	2.4	0.96	1.3	1.81
Cojon de caballo	Lento	42	1.1	0.17	72.34	-0.14	1.52	5.19	0.7	1.3	2.27
Jobillo	Lento	23	1.34	0.28	82.51	0.08	1.62	4.83	0.47	1.28	2.27
Baquelac	Lento	42	2.53	0.39	140.8	0.25	1.8	17.08	0.88	1.28	2
Manax	Lento	281	1.39	0.08	84.33	-0.38	1.65	6.52	0.5	1.25	2.39
Palo de agua	Lento	89	0.99	0.1	72.86	-1.12	1.35	3.89	0.63	1.24	1.83
Aceituno peludo	Lento	50	0.92	0.13	72.51	-0.3	1.27	3.72	0.56	1.17	1.66
Anona de montaña	Lento	17	0.7	0.17	67.63	0.32	1.04	2.59	0.49	1.06	1.36
Palo de gusano	Lento	6	0.43	0.17	36.85	0.81	1.16	1.95	0.81	1.05	1.3
Coloc	Lento	7	0.32	0.12	35.81	0.38	0.89	1.38	0.62	0.99	1
Son	Lento	55	1.51	0.2	95.56	-0.16	1.58	6.21	0.47	0.98	2.71
Ramon colorado	Lento	28	3.02	0.57	150.53	-1.62	2	11.34	0.28	0.87	1.61
Aceituno	Lento	16	0.98	0.24	84.44	-0.5	1.16	3.13	0.5	0.85	1.75
Subin colorado	Lento	65	0.99	0.12	88.63	-0.38	1.12	4.1	0.42	0.83	1.6
Pucsiquil	Lento	12	0.99	0.29	79.84	0.37	1.24	3.38	0.49	0.77	1.56
Roble blanco	Lento	9	1.3	0.43	109.18	0	1.19	3.88	0.25	0.75	2.13
Pimientillo	Lento	6	0.59	0.24	67.8	0.16	0.86	1.78	0.49	0.73	1.3
Yaya	Lento	8	1.1	0.39	96.07	0.25	1.14	3.32	0.38	0.59	1.24
Chique	Lento	9	1.22	0.41	128.09	-1.09	0.95	3.13	0.49	0.53	1.44
Maculis	Muy Lento	6	1.18	0.48	257.88	-1.46	0.46	1.62	-0.49	0.89	1.3
Izote de montaña	Muy Lento	7	0.56	0.21	436.53	-1	0.13	0.63	-0.13	0.38	0.52
Ternera	Muy Lento	11	0.44	0.13	157.03	-0.25	0.28	1.5	0.12	0.25	0.35

## Anexo 2: Pruebas estadísticas del análisis de conglomerados

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Conglomerado	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio ran gl	H	p
Incre mm	1	2113	1.74	1.63	1.4	1601.36	4	508.92 <0.0001
Incre mm	2	10	6.21	5.42	6.08	3043.45		
Incre mm	3	259	4.89	3.55	4.38	2836.23		
Incre mm	4	24	0.28	0.7	0.25	480.23		
Incre mm	5	1412	2.87	2.39	2.38	2216.9		

Trat.	Ranks
4	480.23 A
1	1601.36 B
5	2216.9 C
3	2836.23 D
2	3043.45 D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Análisis de conglomerados Promedio (Average linkage) Distancia: (Euclidea) Correlación cofenética= 0.821 Variables estandarizadas
---

### Prueba de Kruskal Wallis

Union de conglomerados 3 y 2 que no mostraron diferencias significativas.

Variable	Conglomerado	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio ran gl	H	p
Incre mm	1	2113	1.74	1.63	1.4	1601.36	3	508.58 <0.0001
Incre mm	3	269	4.94	3.63	4.38	2843.93		
Incre mm	4	24	0.28	0.7	0.25	480.23		
Incre mm	5	1412	2.87	2.39	2.38	2216.9		

Trat.	Ranks
4	480.23 A
1	1601.36 B
5	2216.9 C
3	2843.93 D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

### Anexo 3: Pruebas estadísticas de comparación entre iluminación de copa y presencia de lianas

Prueba de Kruskal Wallis

Condicion	Variable	ILUMIF	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangl	H	p
Deseable	Incre mm	1	59	4.3	2.72	3.96	777.06	5	96.46 <0.0001
Deseable	Incre mm	2	366	4.15	3.08	3.33	735.41		
Deseable	Incre mm	3	564	2.97	2.28	2.52	578.01		
Deseable	Incre mm	4	123	2.56	1.47	2.38	537.67		
Deseable	Incre mm	5	110	2.24	1.83	1.82	441.29		
Deseable	Incre mm	6	10	1.83	1.2	1.68	384.5		

Iluminación de copa	Ranks	
6	384.5	A
5	441.29	A
4	537.67	A
3	578.01	A
2	735.41	B
1	777.06	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Prueba de Kruskal Wallis

Condicion	Variable	Presencia de lianas	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangl	H	p
Deseable	Incre mm	1	500	3.33	2.77	2.74	619.04	8	11.75 0.1629
Deseable	Incre mm	2	242	3.24	2.17	2.81	632.7		
Deseable	Incre mm	3	36	2.3	1.58	2.02	457.81		
Deseable	Incre mm	4	40	2.87	2.02	2.48	571.24		
Deseable	Incre mm	5	212	3.6	2.85	2.8	652.75		
Deseable	Incre mm	6	109	3.02	2.45	2.59	585.18		
Deseable	Incre mm	7	9	2.72	1.78	2.47	575.56		
Deseable	Incre mm	8	60	3.06	2.07	2.44	595.06		
Deseable	Incre mm	9	24	3.15	2.21	2.59	604.73		

#### Anexo 4: Listado de especies reportadas en las PPMs

Nombre común	Nombre técnico	Familia
Aceituno	Simarouba amara	Simaroubaceae
Aceituno peludo	Hirtella americana	Rosaceae
Amapola	Pseudobombax ellipticum	Bombacaceae
Amate	Ficus sp	Moraceae
Anona de montaña	Annona sp	Annonaceae
Baquelac	Laetia thamnia	Flacourtiaceae
Canisté	Pouteria campechiana	Sapotaceae
Canxán	Terminalia amazonia	Combretaceae
Caoba	Swietenia macrophylla	Meliaceae
Carcomo		
Cascarillo		
Catalox	Swartzia lundelli	Caesalpiniaceae
Cedrillo hoja fina	Guarea tonduzii	Meliaceae
Cedro	Cedrela odorata	Meliaceae
Chacaj colorado	Bursera simaruba	Burseraceae
Chechén blanco	Sebastiania longicuspis	Euphorbiaceae
Chechén negro	Metopium brownei	Anacardiaceae
Chico zapote	Manilkara zapota	Sapotaceae
Chile malache	Trichilia glabra	Meliaceae
Chilonché	Eugenia capuli	Myrtaceae
Chintoc blanco	Wimmeria concolor	Celastraceae
Chique	Ternstroemia tepezapote	Theaceae
Chonte	Cupania macrophylla	Sapindaceae
Chununté		
Cojón de caballo	Stemmadenia donnell-smithii	Apocynaceae
Coloc	Talisia floresii	Sapindaceae
Copal	Protium copal	Burseraceae
Danto	Vatairea lundellii	Papilionaceae
Gesmo	Lysiloma sp	Mimosaceae
Guácimo	Guazuma ulmifolia	Esterculiáceae
Guaya	Talisia olivaeformis	Sapindaceae
Hormigo	Platymiscium dimorphandrum	Papilionaceae
Izote de montaña	Dracaena americana	Lileaceae
Jobillo	Astronium graveolens	Anacardiaceae
Jobo	Spondias mombin	Anacardiaceae
Luin hembra	Ampelocera hottlei	Ulmaceae
Luin macho	Dryphetes brownii	Euphorbiaceae
Maculiz	Tabebuia heterophylla	Bignoniaceae
Malerio blanco	Aspidosperma stegomeris	Apocynaceae
Malerio colorado	Aspidosperma megalocarpon	Apocynaceae
Manax	Pseudolmedia panamensis	Moraceae
Manchiche	Lonchocarpus castilloi	Papilionaceae
Mano de león	Dendropanax arboreus	Araleaceae
Matasano	Casimiroa edulis	Rutaceae
Naranjillo	Zantoxylum elephantiasis	Rutaceae
Palo de agua	Hedyosmun mexicanum	Cochlospermaceae
Palo de coche		
Palo de diente	Trichilia glabra	Meliaceae
Palo de gusano	Lonchocarpus guatemalensis	Papilionaceae
Palo de hule	Castilla elastica	Moraceae

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre técnico</b>	<b>Familia</b>
Palo espinudo	<i>Acacia angustissima</i>	Mimosaceae
Papaturrito	<i>Coccoloba reflexiflora</i>	Polygonaceae
Papaturro	<i>Coccoloba</i> sp	Polygonaceae
Pasaque hembra	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae
Pataxte	<i>Teobroma bicolor</i>	Esterculiaceae
Pimienta	Pimienta dioica	Myrtaceae
Pimientillo	<i>Phyllanthus brasiliensis</i>	Euforbiaceae
Pucsiquil	<i>Faramea occidentalis</i>	Rubiaceae
Quisainche		
Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i>	Moraceae
Roble	<i>Cordia</i> sp	Boraginaceae
Roble blanco	<i>Quercus sapotaefolia</i>	Fagaceae
Sacuché	<i>Rehdera penninervia</i>	Verbenaceae
Saltemuche	<i>Sickingia salvadorensis</i>	Rubiaceae
San juan	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Vochysiaceae
Sasanté	<i>Xilopia frutescens</i>	Annonaceae
Santa maría	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guttiferae
Sapamuche		
Silión	<i>Pouteria amygdalina</i>	Sapotaceae
Son	<i>Alseis yucatanensis</i>	Rubiaceae
Sosní	<i>Ocotea lundellii</i>	Lauraceae
Subín colorado	<i>Acacia dollichostachya</i>	Mimosaceae
Tama hay	<i>Zuelania guidonia</i>	Flacourtiaceae
Tempisque	<i>Bumelia mayana</i>	Sapotaceae
Ternerera	<i>Eutherpe macrospadix</i>	Palmaceae
Testap	<i>Guettarda comsbii</i>	Rubiaceae
Tinto	<i>Haematoxylon campechianum</i>	Caesalpiniaceae
Tzol	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Mimosaceae
Yaxnic	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae
Yaya		
Zacuayum	<i>Matayba appositifolia</i>	Sapindaceae
Zapotillo hoja fina	<i>Pouteria reticulata</i>	Sapotaceae

## **Anexo 5: Códigos para atributos de los árboles**

### **Iluminación**

- 1 Emergente
- 2 Plena vertical
- 3 Vertical parcial
- 4 Plena lateral
- 5 Iluminación oblicua
- 6 Nada directa

### **Calidad de fuste**

- 1 Comercial actualmente
- 2 Comercial en el futuro
- 3 Comercial en el futuro pero con la base dañada
- 4 Deformado
- 5 Dañado
- 6 Podrido

### **Lianas**

Ninguna visible en el fuste

- 1 No visible en copa
- 2 Existente en copa
- 3 Cubriendo más del 50% de la copa

Sueltas en el fuste

- 4 No visible en copa
- 5 Existente en copa
- 6 Cubriendo más del 50% de la copa

Apretando el fuste

- 7 No visible en copa
- 8 Existente en copa
- 9 Cubriendo más del 50% de la copa

### **Forma de copa**

- 1 Círculo completo
- 2 Círculo irregular
- 3 Medio círculo
- 4 Menos de medio círculo
- 5 Pocas ramas
- 6 Principalmente rebrotes
- 7 Vivo sin copa