

Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Forestal

El manejo forestal del bosque secundario como alternativa de uso  
de la tierra en la Zona Norte de Costa Rica

Tesis para optar por el grado de Master en Ciencias Forestales

Ronny Villalobos Chacón

Cartago, Costa Rica

Mayo, 2020

# **El manejo forestal del bosque secundario como alternativa de uso de la tierra en la zona norte de Costa Rica**

Villalobos Chacón Ronny<sup>1</sup>

## **Resumen**

Los bosques secundarios tienen un gran potencial de manejo como generador de recursos y servicios para la sociedad. La producción de madera sigue siendo un recurso ampliamente utilizado y como una alternativa viable de acuerdo a las condiciones de mercado. El presente estudio se realizó en tres bosques secundarios de la región Huetar Norte Costa Rica, en las localidades de Florencia, Pénjamo de Florencia y Agua Zarcas. Estos bosques habían sido evaluados hace dos décadas y se les aplicó tratamientos silviculturales, sin embargo, nunca fue evaluado su efecto sobre la masa forestal, por tal motivo este estudio tiene con objetivo: evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre especies comerciales. A partir de un muestreo diagnóstico y re-medicación de parcelas permanentes se estimaron cambios por efecto de la aplicación de tratamientos en la composición florística, estructura horizontal y vertical, incrementos en volumen, área basal en especies comerciales y no comercial; así mismo, se evaluaron cambios sobre los líderes deseables sobresalientes, las estimaciones se compararon con el bosque testigo Florencia y Pénjamo solamente. El bosque que presentó lo mejores resultados atribuidos a los tratamientos silviculturales fue el estrato I bosque de Florencia, donde hubo un incremento de 66% sobre la abundancia de especies comerciales y un 86% sobre el área basal comercial comparado con el bosque testigo que solo reportó un 66% de su área basal comercial. Los tres bosques evaluados presentaron cambios satisfactorios en sus variables dasométricas, estructura y composición atribuidos al efecto sobre la aplicación de tratamientos silviculturales y su manejo previo, sin embargo, es importante volver a intervenirlos y monitorear su comportamiento de forma periódica con el fin de tener mejor validación de los resultados.

**Palabras clave:** Aprovechamiento forestal, Líderes deseables, Tratamientos silviculturales

---

<sup>1</sup> Villalobos-Chacón, R. (2020). Manejo forestal del bosque secundario como alternativo de uso del suelo en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis de Maestría. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## **Forest management of secondary forest as an alternative land use in the northern area of Costa Rica.**

Villalobos Chacón Ronny

### **Abstract**

Secondary forests have great management potential as a generator of resources and services for society. Wood production continues to be a widely used resource and as a viable alternative according to market conditions. The present study was carried out in three secondary forests of the Huetar Norte Costa Rica region, in the towns of Florencia, Pénjamo of Florencia and Agua Zarcas. These forests had been evaluated two decades ago and silvicultural treatments were applied, however, their effect on the forest mass was never evaluated, for this reason this study aims to: evaluate the effect of the application of silvicultural treatments on commercial species. From a diagnostic sampling and re measurement of permanent plots, changes were estimated due to the effect of the application of treatments in the floristic composition, horizontal and vertical structure, increases in volume, basal area in commercial and non-commercial species; Likewise, changes on the outstanding desirable leaders were evaluated, the estimates were compared with the control forest Florencia and Pénjamo only. The forest that presented the best results attributed to silvicultural treatments was stratum I forest of Florencia, where there was an increase of 66% on the abundance of commercial species and an 86% on the commercial basal area compared to the control forest that only reported 66% of its commercial basal area. The three evaluated forests presented satisfactory changes in their dasometric variables, structure and composition attributed to the effect on the application of silvicultural treatments and their previous management, however it is important to intervene again and monitor their behavior periodically in order to have better validation From the results.

**Keywords:** Forest harvesting, Desirable leaderships, Silvicultural treatments.

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y Aprobada como requisito parcial para optar por el grado de Maestría en Ciencias Forestales.

## **El manejo forestal del bosque secundario como alternativa de uso de la tierra en la zona norte de Costa Rica**

### **Miembros del tribunal**

---

Ruperto Quesada Monge, Ph.D.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Director de tesis

---

Alexander Berrocal Jiménez, Ph.D.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Coordinador de la Maestría  
en Ciencias Forestales

---

Braulio Vílchez Alvarado, M.Sc.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Lector

---

Cynthia Salas Garita M.Sc.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Lector

## **Agradecimientos**

A mi madre, padre y hermanos por ser mi apoyo, guía, por su amor y sobre todo, por los principios inculcados hasta hoy. Gracias por todos sus sacrificios, por ser mis pilares en todo momento.

A Aura por su paciencia, su compañía, apoyo, amor y comprensión.

A mi pequeña Isabella que se convirtió en mi inspiración y uno de mis principales motivos para vivir y esforzarme cada día, por ser el motivo que me impulso a culminar esta etapa.

A mi profesor tutor Dr. Ruperto Q M. por su guía, por transmitir parte de su conocimiento en esta etapa y sobre todo por su tiempo y paciencia con tanta corrección, más que profesor universitario un compañero.

A Ezequiel Fallas Montero por sus aportes y sugerencias al documento.

Y por supuesto...a Dios que me regaló salud, vida y la oportunidad de avanzar un escalón más en mi vida como profesional.

*“Es justamente la posibilidad de realizar un sueño lo que hace que la vida sea interesante”.*

Paulo Coelho.

## Índice general

Contenido	Pág.
1. Introducción .....	1
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
3. Hipótesis .....	5
4. Revisión de literatura.....	6
4.1 El bosque secundario .....	6
4.2 Etapas sucesionales de los bosques secundarios .....	7
4.3 Manejo del bosque secundario.....	9
4.3.1 Tratamientos silviculturales.....	9
4.3.2 Cosecha o aprovechamiento .....	9
4.3.3 Liberación .....	10
4.3.4 Refinamiento.....	10
4.4 Experiencias asociadas a bosques secundarios y aplicación de tratamientos silviculturales en Costa Rica .....	11
4.5 Estado actual y potencial de los bosques secundarios. ....	12
4.5.1 Potencial forestal.....	13
5. Metodología .....	15
5.1 Descripción general.....	15
5.2 Descripción y ubicación de los sitios estudio .....	15
5.3 Manejo en los bosques secundarios seleccionados.....	16
5.3.1 Bosque Florencia .....	16
5.3.2 Bosque Pénjamo.....	16
5.3.3. Bosque Coope San Juan .....	17
5.4 Re-establecimiento de las PPM .....	18
5.4.1 Bosque Florencia .....	18
5.4.2 Bosque Pénjamo.....	19
5.4.3. Bosque Coope San Juan .....	21

5.4.4	Criterios de evaluación en las unidades de muestreo.....	22
5.4.5	Criterios de evaluación en los bosques secundario.....	22
5.4.6	Información considerada en campo .....	22
5.4.7	Análisis de los datos e información de campo para la comparación de sitios con aplicación de tratamientos silviculturales y sin aplicación de tratamientos.....	27
6.	Resultados.....	30
6.1.1	Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales: bloque I y II. ....	30
6.1.2	Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Estrato I y Estrato II, bosque secundario Florencia. ....	40
6.2	Finca Pénjamo .....	50
6.2.1	Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales. Pénjamo, San Carlos, 2018.....	50
6.2.2	Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Pénjamo, San Carlos, 2018.....	55
6.2.3	Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables. Pénjamo, San Carlos, 2018. ....	60
6.3	Finca Coope San Juan .....	62
6.3.1	Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales: bloque I y II, Coope San Juan, San Carlos, 2018. ....	62
6.3.2	Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Coope San Juan, San Carlos, 2018.....	68
6.3.3	Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables. Coope San Juan, San Carlos, 2018.....	73
7.	Discusión .....	76
8.	Conclusiones y recomendaciones .....	83
9.	Bibliografía.....	85

## Índice de Cuadros

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Características y condiciones de los sitios objeto de estudio ubicados en el Cantón de San Carlos-Costa Rica. ....	15
Cuadro 2. Características de los bosques secundarios objeto de estudio ubicados en el Cantón de San Carlos-Costa Rica. ....	18
Cuadro 3. Abundancia, dominancia, frecuencia, en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	35
Cuadro 4. Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	36
Cuadro 5. Índice de similaridad de Bray Curtis entre el pre-tratamiento, post.-tratamiento y bosque testigo de Florencia, San Carlos, 2018. ....	37
Cuadro 6. Valores de riqueza estimada (Rest) e índice de completitud (C) para diferentes estimadores de acuerdo a la cantidad de especies comerciales y totales presentes en el bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica. ....	37
Cuadro 7. Abundancia, dominancia, frecuencia, IVI en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	38
Cuadro 8. Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	39
Cuadro 9. Cambios de volumen en especies comerciales en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	44
Cuadro 10. Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	45
Cuadro 11. Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	46
Cuadro 12. Incrementos por categoría diamétrica para todas las especies para un periodo de 19 y 29 años, en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	46

Cuadro 13. Valores p obtenidos al realizar la prueba U de Mann-Whitney a los valores totales y comerciales del área basal (G), densidad de individuos (N), especies observadas (Nsp) y volumen (V) para el Bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica. ....	47
Cuadro 14. Índice de similaridad de Bray Curtis entre el pre-tratamiento, post.-tratamiento y bosque testigo de Florencia, San Carlos, 2018. ....	53
Cuadro 15. Valores de riqueza estimada (Rest) e índice de completitud (C) para diferentes estimadores de acuerdo a la cantidad de especies comerciales y totales presentes en Penjamo, San Carlos, Costa Rica. ....	53
Cuadro 16. Abundancia, dominancia, frecuencia, IVI e Índices de Simpson, Shannon en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018. ....	54
Cuadro 17. Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	55
Cuadro 18. Cambios de volumen en especies comerciales del bosque secundario de Penjamo, San Carlos, 2018. ....	58
Cuadro 19. Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018. ....	59
Cuadro 20. Incrementos por categoría diamétrica para un periodo de 18 años, en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018. ....	59
Cuadro 21. Valores p obtenidos al realizar la prueba U de Mann-Whitney a los valores totales y comerciales del área basal (G), densidad de individuos (N), especies observadas (Nsp) y volumen (V) para Pénjamo, San Carlos, Costa Rica.....	60
Cuadro 22 . Abundancia, dominancia, frecuencia e IVI en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas , San Carlos, 2018. ....	66
Cuadro 23. Abundancia, dominancia, frecuencia e IVI en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas , San Carlos, 2018. ....	67
Cuadro 24. Índices de Simpson, Shannon en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	68
Cuadro 25. Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	68

Cuadro 26. Cambios de volumen en especies comerciales en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.....	71
Cuadro 27. Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.....	72
Cuadro 28. Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018. ....	72

## Índice de figuras

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en Florencia de San Carlos, Costa Rica, 2018. ....	19
Figura 2. Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en Pénjamo, Florencia de San Carlos, Costa Rica, 2018. ....	20
Figura 3. Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en Coope San Juan, Aguas Zarcas de San Carlos, Costa Rica, 2018. ....	21
Figura 4. Representación sobre re-instalación de parcelas permanentes en el Cantón de San Carlos-Costa Rica. ....	22
Figura 5. Representación de las unidades registro para el muestro diagnóstico de los bosques secundarios ubicados en el Cantón de San Carlos-Costa Rica .....	24
Figura 6. Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018. ....	31
Figura 7. Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018. ....	31
Figura 8. Grupos ecológicos (%) para las especies del estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	33
Figura 9. Grupos ecológicos (%) para las especies del estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	33
Figura 10. Curva de acumulación de especies comerciales y totales por área, de acuerdo al número de especies observadas y estimadas con el índice de Bootstrap para el bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica. ....	40
Figura 11. Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018. ....	41
Figura 12. Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018. ....	42

Figura 13. Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018. ....	43
Figura 14. Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018. ....	44
Figura 15. Condición de los líderes deseables según el año y sector evaluado. Bloque I Florencia, 2018.....	48
Figura 16. Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	49
Figura 17. Condición de los líderes deseables según el año y sector evaluado. Bloque II Florencia, 2018.....	49
Figura 18. Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018. ....	50
Figura 19. Familias más abundantes (%) en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018. ....	51
Figura 20. Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018. ....	52
Figura 21. Curva de acumulación de especies comerciales y totales por área, de acuerdo al número de especies observadas y estimadas con el índice de Bootstrap para un bosque secundario evaluado y su testigo en Pénjamo, Florencia, San Carlos, Costa Rica. ....	55
Figura 22. Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.....	56
Figura 23. Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.....	57
Figura 24. Condición de los líderes deseables según el año y sector evaluado. Pénjamo, 2018. ....	61
Figura 26. Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato I), Coope San Juan, San Carlos, 2018. ....	63

Figura 27. Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato II), Coope San Juan, San Carlos, 2018. ....	63
Figura 28. Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018. ....	64
Figura 29. Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018. ....	65
Figura 30. Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018. ....	69
Figura 31. Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.....	69
Figura 32. Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por categoría diámetrica (cm) en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.....	70
Figura 33. Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.....	71
Figura 34. Condición de los líderes deseables según el año y sector evaluado. Bloque I Coope San Juan, 2018. ....	73
Figura 35. Condición de los líderes deseables según el año y sector evaluado. Bloque II, Coope San Juan, 2018. ....	74
Figura 36. Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el bloque I del bosque secundario de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018 antes y después de la aplicación de tratamientos silviculturales. ....	75
Figura 37. Distribución diamétrica (cm) y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el bloque II del bosque secundario de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018 antes y después de la aplicación de tratamientos silviculturales. ....	75

## **LISTA ABREVIATURAS**

**AFE:** Administración Forestal del Estado

**COSEFORMA:** Cooperación en los sectores forestal y maderero

***d:*** Diámetro a 1,3 m del suelo

**dmc:** Diámetro mínimo de corta

**HD:** Heliófita durable

**HE:** Heliófita efímera

**GTZ:** Cooperación Técnica Alemana

**IMA:** Incremento Medio Anual

**IPA:** Incremento Periódico Anual

**IVI:** Índice de Valor de Importancia

**MINAE:** Ministerio de Ambiente y Energía

**LD:** Líderes deseables

**ES:** Esciófitas

**SINAC:** Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

## **1. Introducción**

Los bosques secundarios se originan en los años 80's, donde miles de hectáreas de pastizales fueron abandonadas por la disminución en la rentabilidad de la ganadería y por la degradación de los suelos. Justamente ese abandono, permitió la recuperación de las áreas pasando por los diferentes estados de desarrollo de la sucesión secundaria (sucesión temprana, media o tardía de poblaciones coetáneas y discetáneas; etapas descritas en el Principio de Bosque Secundarios en Costa Rica) hasta lograr hoy la conformación de ecosistemas con sus propias características.

El país comenzó a ganar cobertura boscosa y para finales de 1999, ya las estadísticas indicaban que la superficie de bosques secundarios era significativamente importante. De esta manera el bosque secundario ha estado aportando más área a los esfuerzos realizados por el Estado para aumentar la cobertura boscosa del territorio nacional (Canet, 2015).

Debido a esta situación la Administración Forestal del Estado (AFE), en forma muy acertada establece el Decreto Ejecutivo N° 27998-MINAE: Principios criterios e indicadores para el Manejo Sostenible de Bosques Secundarios que permitiría desarrollar alternativas sostenibles de uso de la tierra para los propietarios de tierras con zonas de bosque secundario como un elemento a considerar en la estructura de las propiedades (Henaó, 2015).

A finales de 1990 se desarrollan las primeras experiencias de manejo forestal en la Región Huetar Norte con el fin primordial de elaborar un paquete tecnológico para el manejo sostenido del bosque secundario. Sin embargo, para lograrlo es necesario primero saber si realmente la aplicación de tratamientos silviculturales tiene algún efecto positivo sobre el crecimiento de la masa forestal comercial y de esta manera brindar más opciones que potencien los ingresos económicos. A pesar de los esfuerzos, esta idea no se logró concretar y aún sigue siendo una necesidad.

Los bosques secundarios cubren un área aproximada de 697 735 ha (13,7% del territorio nacional), de los cuales 361 843,8 ha se encuentran sin restricciones donde se puede

realizar manejo forestal cumpliendo con la normativa legal que establece el Código de Prácticas establecido por el gobierno de Costa Rica. Este bosque se ubica predominantemente en las Áreas de Conservación Guanacaste, Área de Conservación Pacífico Central y la Región Huetar Norte sumando un total de 133 881, 91 ha (37% del área sin restricciones de manejo) (Camacho, 2015).

Para finales del 2010 se inició con la con un nuevo borrador sobre los primeros principios, criterios e indicadores para el manejo del bosque secundario y sus últimas modificaciones fueron realizadas en el 2015. Desde entonces, este estándar de manejo se ha puesto en práctica en dos planes de manejo en la región Huetar Norte. Pero aún no ha pasado suficiente tiempo tener resultados confiables y concluir el efecto en términos de rendimiento, tampoco sobre cuál es la técnica más apropiada y sus verdaderos impactos en crecimiento y productividad del bosque secundario sometido a manejo.

En este sentido el manejo forestal sostenido del bosque secundario permite, por la aplicación de diversas técnicas, promover la utilización de aquellas áreas de bosques que, por sus características y evaluaciones previas, son susceptibles al manejo forestal sostenible. La incorporación productiva del bosque secundario permitiría contribuir, entre otras cosas, a un flujo de ingresos para el propietario, abastecer al país de madera proveniente de fuentes sostenibles y un aporte en otros bienes y servicios brindados.

Para lograr lo anterior, es necesario efectuar evaluaciones silviculturales de los tres bosques secundarios de la Región Huetar Norte en los cuales fueron aplicados diversos tratamientos silviculturales (cuadro 2). Los tratamientos aplicados fueron producto de las evaluaciones de las parcelas permanentes y el muestreo diagnóstico que en su conjunto determinaron la justificación de la aplicación de cosecha, liberación, refinamiento y aprovechamiento. Todos los tratamientos aplicados tenían en la primera evaluación el objetivo provocar cambios en la estructura del bosque, favorecer el crecimiento y la abundancia de las especies comerciales con el fin último de incrementar la productividad, aspecto que se reflejará en el siguiente ciclo de corta y en las reservas de madera en la

cosecha futura (Segura, 1999) y (Morales, 1998). En la presente investigación y con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre especies comerciales se remedió las unidades de muestreo permanentes y se establecieron nuevas unidades de muestreo temporales, asimismo, se evaluó el bosque testigo contiguo a cada bosque manejado en la Finca de Florencia y Pénjamo.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre especies comerciales del bosque secundario de la Región Huetar de Costa Rica

### **2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre la composición florística.
- Determinar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre la estructura horizontal y vertical.
- Estimar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre el volumen de especies comerciales.
- Determinar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables.

### **3. Hipótesis**

Dentro de concepto de manejo forestal, la aplicación de tratamientos silviculturales implica la reacción positiva del ecosistema en términos de: área basal y/o volumen de las especies comerciales. Es decir, la aplicación de tratamientos silviculturales, permite un incremento en las variables dasométricas de la masa comercial.

Por lo tanto:

$H_0$  = No existe efecto en el incremento de las variables dasométricas por aplicación de tratamientos silviculturales.

$H_1$  = Sí existe efecto en el incremento de las variables dasométricas por aplicación de tratamientos silviculturales.

## **4. Revisión de literatura**

### **4.1 El bosque secundario**

Hace más de una década diversos autores han definido bosque secundario de diversas maneras, las cuales comparten un rasgo en común, que es el disturbio o perturbación al ecosistema. La perturbación es “el cambio temporal en las condiciones ambientales medias que provocan un cambio pronunciado en un ecosistema. Estas modificaciones pueden ser naturales y a menudo se producen como parte de un ciclo promoviendo la sucesión vegetal; también son causadas por los humanos y especies invasoras que no son parte del ciclo normal en determinado lugar” (Hugues, 2012).

Costa (2014) y Finegan (1997) definen el bosque secundario como la vegetación leñosa que se desarrolla en terrenos que se abandonan después de que, el bosque que originalmente ocupaba ese terreno, ha sido destruida por la actividad humana. Lamprecht (1990) citado por Morales (1998), lo define como aquel sitio que toma en cuenta todos los estadios de una sucesión, desde el bosque inicial, que forma una superficie abierta natural, hasta su fin. Por otro lado, Toledo (2005) lo define como el resultado de un proceso ecológico donde la estructura y composición de una comunidad de plantas cambian a través del tiempo.

Sánchez (2014) menciona que la sucesión secundaria está representada por aquella vegetación después de la eliminación natural o humana de la vegetación arbórea, y que existe la posibilidad de que se forme de nuevo la vegetación anterior. Henaó (2015) aclara que la posibilidad de que se forme la vegetación que había originalmente dependerá de que ciertos factores originales no varíen, ya que al ser bosque secundario un medio natural de recuperación, tiene la función de establecerse en todos los sitios en donde anteriormente había bosque. Dañobeytia (2014), afirma que la perturbación humana es la que tiene mayores implicaciones sobre el uso de la tierra, de tal manera que el bosque secundario es más por causa humana que natural.

Son muchas las definiciones, por esta razón es importante explicar qué no es bosque secundario, en este sentido Sánchez (2014) aclara que aquel bosque que ha sido madereado, pero que nunca

ha dejado de ser bosque porque no ha sido cortado a “tala raza”, no es un bosque secundario, pero se considera como un bosque natural intervenido y tiene una regulación diferente para poder ser manejado.

Dada la amplia diversidad de criterios técnicos aplicados en diferentes países para definir el concepto de bosque secundario; y que no existe definición universal o unificada, producto de esa gran gama de criterios (Abdiel 2012), para la presente investigación se toma como referencia la definición propuesta en la resolución: R-SINAC-CONAC-115-2017, publicado en La Gaceta en el 2018 por el Ministerio de Ambiente y Energía que define bosque secundario como: *“Tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundario, que se desarrolla una vez que la vegetación original ha sido eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales, con una superficie mínima de 0.5 hectáreas. Se incluyen también aquellas tierras desprovistas de vegetación leñosa, que voluntariamente se registren ante la AFE con el fin de promover el proceso de sucesión natural, y las tierras de bosque secundario inmediatamente después de aprovechadas bajo el sistema de cortas de regeneración”*.

#### **4.2 Etapas sucesionales de los bosques secundarios**

La sucesión consiste en uno o varios cambios que a través del tiempo van acumulándose y direccionando las especies de plantas que van ocupando un tiempo y espacio. De tal manera que un bosque secundario puede tener diferentes etapas de sucesión y edades, desde unos meses hasta varias décadas (Alcaraz, 2013). Desde este punto de vista muchos autores han llegado a consensuar e identificar tres etapas de sucesión para bosques secundarios:

##### **I etapa. Sucesión temprana**

Se desarrolla inmediatamente después de que se ha dejado de utilizar el terreno para actividades como agricultura o ganadería, posteriormente comienza a ser colonizado por hierbas y arbustos (Bloomfield, 2012). Luego de las hierbas y arbustos comienzan a aparecer arbolitos, en algunos casos puede ser que se establezca una vegetación diferente a los árboles, como por ejemplo

helechos o pastos que no permiten que los árboles se desarrollen, entre ellos algunos de valor comercial.

## **II etapa. Sucesión Media**

Esta etapa inicia cuando emergen especies arbóreas de la densa cobertura vegetal existente cercana al suelo una vez que ha pasado la primera etapa de sucesión. En bosques secos tropicales esta etapa toma más tiempo, por el contrario, en un bosque más húmedo, las disponibilidades de agua en el suelo, por precipitación pluvial a lo largo del año, permiten un crecimiento más rápido de la vegetación (Quesada, 2008). Las especies arbóreas en esta fase se dispersan, usualmente, por medio del viento o a través de las aves, las cuales consumen sus frutos numerosos y producidos en grandes cantidades desde edades tempranas, el éxito de muchas especies no solo depende de sus estrategias de dispersión sino de la longevidad, fecundidad, absorción y almacenamiento de nutrientes y la intercepción de la luz (Tauro, 2013). En esta etapa las especies germinan en condiciones naturales, en los claros de los bosques y a lo largo del curso de los ríos, donde la disponibilidad de luz y humedad es mayor. El éxito de muchas especies en esta etapa dependerá sobre todo si las fuentes de propágulos están cercanas y si la intensidad en el uso del suelo no fue severa (Santos, 2013).

## **III Etapa. Sucesión tardía**

La tercera etapa empieza cuando las especies arbóreas alcanzan una altura considerable y logran dominar el dosel superior de la comunidad. Al estar bajo una cobertura, aunque algo difusa, la vegetación del sotobosque sufre un cambio en las condiciones microclimáticas. El suelo se ve protegido por el sistema radical de los árboles, el cual es más profundo que el de aquellas plantas herbáceas y arbustos de las etapas anteriores. La temperatura en el estrato inferior disminuye, la cantidad de luz es menor y además se incorpora materia orgánica al sitio. Esto provoca la disminución de competencia en el sotobosque, y en conjunto con estas condiciones microclimáticas permiten la germinación de especies arbóreas más duraderas y más tolerantes a condiciones de sombra. Estas especies son, claramente, menos competitivas que las especies pioneras a campo abierto, además de no necesitar tanta luz para su desarrollo inicial. Las especies esciófitas (aquellas que presentan cierta tolerancia a la sombra) ganan altura y tamaño

con el tiempo, y a medida que las especies pioneras terminan su ciclo de vida, las anteriores toman su lugar en el sitio, formando un dosel más diverso, alto y durable (Quesada 2008).

### **4.3 Manejo del bosque secundario**

El término manejo aplicado a bosque, significa manejarlo operativamente, aplicando conocimientos técnicos, científicos y administrativos que permitan utilizar y conservar de manera sostenible los recursos que brinda. Se habla de manejo monocíclico y policíclico tanto en bosque primario como en bosque secundario (Abdiel, 2012).

El manejo implica una serie de técnicas que buscan identificar si el bosque a evaluar y su crecimiento es de calidad o no, con el fin de elegir los individuos de especies y cualidades deseables, y favorecerlos mediante tratamientos o manejo silvicultural utilizando criterios que consideran grupos de especies o de árboles individuales vigorosos y con alta capacidad de producir semilla y/o madera para aserrío (Martínez, 2013).

#### **4.3.1 Tratamientos silviculturales**

Existen varios tipos de tratamientos que se aplican dependiendo de las condiciones y características del bosque y el requerimiento que evidencie de acuerdo a evaluaciones previas. Los tratamientos pueden aumentar la regeneración y tasa de crecimiento de los árboles, mejorar la calidad y rentabilidad del bosque y reducir los daños a la masa remanente (Quesada, 2012).

#### **4.3.2 Cosecha o aprovechamiento**

Es el primer tratamiento aplicado al bosque, puede no solo ser el medio que permita rendir ingresos económicos si no también dinamizar el ecosistema a través de la apertura de claros. Es un sistema de producción definida por una serie de actividades, que interactúan entre sí en forma ordenada y lógica para lograr el objetivo señalado y se considera como el primer tratamiento silvicultural que se le aplica al bosque (Quesada, 2012).

### **4.3.3 Liberación**

Consiste en disminuir la competencia a los individuos deseables (líderes deseables) mediante anillamiento (corta de una porción de corteza alrededor del fuste para impedir el flujo de sustancias vitales para el árbol) de los indeseables; así mismo se puede emplear como complemento el envenenamiento (utilización de agentes químicos que promueven la muerte del árbol por contacto). La liberación se aplica para favorecer a aquellos individuos que, siendo prometedores como productores de madera, se encuentran en una situación de competencia desfavorable, por lo general expresada en su posición de copa. Se procura poner a disposición de los líderes deseables la mayor cantidad de recursos como nutrientes, luz, agua, espacio, entre otros; para que obtengan ventaja sobre los que compiten con él (PROINEL, 2002).

En algunas situaciones los árboles presentan acanaladura lo que hace muy difícil la aplicación de anillado, también se da el caso de especies que son capaces de reaccionar al anillado; en estos casos también pueden usarse arboricidas, estos son sustancias que provocan la muerte del árbol (Córdoba, 2002).

### **4.3.4 Refinamiento**

Es la eliminación de todos los árboles no comercializables con un diámetro superior a un determinado límite, establecido para cada bosque. Esto se hace con el fin de evitar entradas excesivas de luz y el establecimiento de vegetación no deseada; así mismo la muerte de estos árboles aumentan la incorporación y disposición de materia orgánica que contribuye con las tasas de crecimiento de los árboles deseables (Bassiolo, 2014).

### **4.3.5 Tratamiento de mejora**

Es la eliminación de individuos que, sin importar la especie, no son comercializables, están sobre maduros o defectuosos; se aplica por lo general sobre el diámetro mínimo establecido para cada bosque (Quesada, 2008).

#### **4.4 Experiencias asociadas a bosques secundarios y aplicación de tratamientos silviculturales en Costa Rica**

El objetivo de la aplicación de tratamientos silviculturales aun cuando su aplicación implica la afectación en cierto grado de la vegetación, es provocar cambios positivos en la estructura y composición del bosque con el fin de aprovechar y manejar especies de alto valor comercial. MINAET (2008) establece en el documento sobre Estándares de Sostenibilidad de Bosque Natural; que los tratamientos silviculturales son “operaciones que modifican positivamente la estructura del bosque y van dirigidos a solucionar un problema específico, o en general a reducir la intensidad de competencia sobre los árboles de interés”. En Costa Rica existen algunas experiencias documentadas sobre la aplicación de tratamientos silvícolas para el manejo de bosques secundarios entre las cuales están las siguientes:

Caso I. Florencia de San Carlos: Morales (1998), en su informe de práctica de especialidad titulado: Lineamientos para el manejo de un bosque secundario a partir de una evaluación silvicultural; indica que la investigación fue desarrollada con el objetivo de generar experiencias prácticas en la implementación de tratamientos silviculturales. En este caso se aplicaron tres tratamientos silviculturales:

- a) Un tratamiento consistió en la liberación y corta de bejucos de los individuos potencialmente comerciales con un diámetro mayor o igual a 10 cm.
- b) El refinamiento que se llevó a cabo incluyó a todos los individuos potencialmente no comerciales remanentes con un diámetro mayor o igual a 60 cm.
- c) El aprovechamiento de las especies comerciales con un diámetro mayor o igual 40 cm.

Caso II. Pénjamo, Florencia de San Carlos: Esta investigación igualmente documentada por Quirós (1999); señala como objetivo determinar e implementar los tratamientos silviculturales que requiere el bosque secundario. En este sitio se aplicó básicamente solo la corta de lianas a todos los individuos con un diámetro mayor a 10 cm, tanto a los individuos de especies

comerciales como a los no comerciales en todo el bosque con el fin de monitorearlos posteriormente.

Caso III. Coope San Juan, Aguas Zarcas, San Carlos. En este caso el objetivo fue realizar una evaluación de los tratamientos silvícolas aplicados a tres bloques de bosque secundario. Dicha investigación fue documentada por Córdoba (2002) según 7 parcelas permanentes de 625 m<sup>2</sup>.

Werger (2011) reporta tratamientos silviculturales en otros países tropicales, como la aplicación del sistema CELOS en los años 80 en Surinam y algunos casos como el aprovechamiento aprobado en 1994 a la empresa Precios Woods (Brasil), el cual estuvo basado en el sistema de manejo CELOS, pero adaptado a las condiciones locales. Orozco (2004) citado por Abdiel (2012) indica los casos específicos de las concesiones forestales en Guatemala y Bolivia como muestras de que sí se puede manejar los bosques secundarios de manera adecuada, siempre y cuando exista voluntad política de quienes tienen en su momento el poder de tomar decisiones y que exista el recurso financiero para la ejecución.

#### **4.5 Estado actual y potencial de los bosques secundarios.**

De acuerdo con el último mapa de tipos de bosque (SINAC 2014), el país cuenta actualmente con el 52,4% de su territorio con cobertura forestal, cifra que fue determinada con imágenes aéreas del 2012, lo que ha mostrado un incremento en la cantidad de cobertura de este tipo de bosque desde finales de los años 90, puesto que para el 2000 se determinó una cobertura forestal del 46,3% con el mismo tipo de imágenes, y para el 2005 del 48,8% (Santos y Hernández, 2013).

Es claro que la recuperación de la cobertura forestal se debe mayoritariamente al aumento de los bosques secundarios; según información provista por el Inventario Forestal Nacional, elaborado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) con el apoyo de la GIZ y en el marco de la Estrategia Bosques y Desarrollo Rural (Redd+). Se menciona que, si a estos bosques se les suma los bosques deciduos, casi se alcanza el 20 % del territorio nacional, área que antes estaba dedicada a pastos extensivos. Por esta razón podría afirmarse que estos bosques deben convertirse en una alternativa para diversificar los métodos de producción de las fincas

que promueven la utilización de áreas que han dejado de ser utilizadas para ganadería o agricultura, a través del estímulo al establecimiento y al crecimiento de especies forestales valiosas (Canet, 2015).

Según Camacho (2015) el 33,6% (405944,3 ha) de la superficie de bosques susceptible de manejo forestal se encuentra en alguna fase de la sucesión secundaria donde el 90% de la cobertura corresponde a bosques jóvenes (con menos de 8 años de edad), el 6% corresponde a bosques intermedios y el 4% restante a bosques avanzados. De tal manera que estos cubren un área aproximada de 697,735 ha (13,7% del territorio nacional), de los cuales 361 843,8 ha se encuentran sin restricciones donde se puede realizar manejo forestal cumpliendo con la normativa legal que establece el Código de Prácticas establecido por el gobierno de Costa Rica.

Es importante destacar que la recuperación de bosque secundario no es un hecho aislado, ha sido consecuencia de que algunas actividades productivas han tendido a bajar su cobertura, lo que ha permitido el fenómeno de recuperación e instalación de los bosques (Chavarría, 2014) otro motivo es la no reposición de las plantaciones forestales establecidas en los años noventa, las cuales han sido cosechadas y sustituidas por otros usos agropecuarios y otras han sido abandonadas dando origen a la nuevos bosques secundarios (ONF y CCF 2014).

#### **4.5.1 Potencial Forestal.**

El potencial que los bosques secundarios poseen es como proveedor de materia prima para el mercado nacional situación que se venía visualizando desde el 2008 cuando De Camino y Detlefsen (2008) proponen revisar y simplificar las regulaciones administrativas legales y técnicas que conllevan a problemas productivos y comerciales; por lo que es necesario relanzar y renovar las estrategias que conllevan a la recuperación de la cobertura forestal impulsando y promocionado el manejo de los bosques secundarios a través de diversas prácticas; ya que es posible y resulta notorio según Nelson y Chomitz (2011) el hecho de que existe fuerte evidencia de que los bosques manejados para el aprovechamiento de múltiples bienes y servicios pueden ser igual o más efectivos en prevenir la deforestación y la degradación con respecto a las áreas boscosas protegidas.

Henaó (2015) concluyó mediante un estudio que tenía como objetivo evaluar el uso potencial del bosque secundario, que, pese a los altos costos por permisos de extracción, la actividad de manejo genera un movimiento importante de dinero y una fuente de empleo familiar importante para el productor. De acuerdo con la FAO (2011), los bosques primarios en las regiones tropicales del mundo han disminuido en más de 40 millones de hectáreas desde el año 2000 para un 36% del área total de bosques. Esto supone que habrá una mayor presión sobre los recursos que ofrecen los bosques secundarios tal como madera para aserrío, leña, postes y madera rolliza para la construcción, lo cual vislumbra un futuro prometedor en cuanto al manejo y aplicación de prácticas silviculturales que propicien productos de calidad.

## 5. Metodología

### 5.1 Descripción general

La metodología se basa en un modelo mixto, el cual combina enfoques cualitativos (composición florística, especies comerciales y no comerciales) y cuantitativo o bien un análisis estructural del ecosistema sustentado en las variables: (diámetro, área basal, volumen, categorías de valoración de condición de copa, fuste, dosel, lianas).

### 5.2 Descripción y ubicación de los sitios estudio

Los bosques secundarios o unidades de manejo que se estudiaron fueron tres y corresponden a bosques de diferentes edades o fases de desarrollo, ubicados en tres localidades diferentes en el cantón de San Carlos provincia de Alajuela. Cada uno de estos está localizado dentro de un contexto político administrativo que comprende territorios de dos distritos: Florencia y Aguas Zarcas. Cada sitio exhibe un régimen climático típico tropical lluvioso con precipitaciones, humedad relativa y temperaturas anuales promedio que se detallan en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características y condiciones de los sitios objeto de estudio ubicados en el Cantón de San Carlos-Costa Rica.

Condición/Bosque	Florencia <sup>1</sup>	Pénjamo <sup>2</sup>	Coope San Juan <sup>3</sup>
<b>Tipo de bosque</b>	Bosque muy húmedo pre montano	Bosque muy húmedo pre montano	Bosque muy húmedo pre montano transición basal
<b>Uso anterior</b>	Cultivo de yuca y caña de azúcar	Pasto	Cultivo de yuca
<b>Altitud (msnm)</b>	100-200	300-400	100
<b>Precipitación promedio anual (mm)</b>	3000-4000	2000-4000	3000-4000
<b>Humedad relativa (%)</b>	85	79	85
<b>Temperatura promedio anual (C°)</b>	25	17-24	25

Fuente: <sup>1</sup>Quirós (1999), <sup>2</sup>Segura (1999), <sup>3</sup>Morales (1998).

En el caso del bosque (primario o secundario), es necesario establecer criterios de viabilidad técnica para el manejo de las áreas de bosque, que comprenden bosques secundarios que hayan sido sujetos a tratamientos silviculturales en años anteriores. Las evaluaciones realizadas en el pasado fueron para establecer criterios de viabilidad del manejo más apropiado de los bosques secundarios. Estas áreas fueron seleccionadas en su momento ya que reunían condiciones para

establecer una línea base para definir lineamientos técnicos dirigidos al manejo forestal de bosque secundario de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

### **5.3 Manejo en los bosques secundarios seleccionados**

Los tres sitios de bosque secundario seleccionados fueron sometidos a diferentes tipos de tratamientos silviculturales y en su momento fueron establecidas parcelas permanentes de monitoreo (PPM) de 500 m<sup>2</sup>, en ellas se llevó a cabo un muestreo diagnóstico (parcelas temporales de 100 m<sup>2</sup>) para conocer el comportamiento de crecimiento. Un resumen de las características de los sitios es presentado en el cuadro 2 y la descripción de los mismos es dada a continuación:

#### **5.3.1 Bosque Florencia**

Finca Florencia de 125 ha, 80 ha corresponden a bosque y las restantes 45 ha a pastos. El bosque secundario sujeto a la aplicación de tratamientos tuvo una superficie de 5,6 ha. Esta área fue segmentada en 2 bloques el primero con un tamaño de 1,7 ha que fue dedicado a la siembra de frijoles (aproximadamente hace 38 años), el segundo bloque de 3,9 ha que había sido dedicado para la siembra de yuca (aproximadamente hace 28 años); posteriormente se dejaron de cultivar, dando origen al bosque en estudio.

Ubicación. El bosque se ubica en la propiedad de la señora Clara Ivette Arce Barrantes y se localiza en distrito segundo de Florencia, cantón décimo de San Carlos, Provincia de Alajuela. Geográficamente ubicado en la hoja Fortuna y Aguas Zarcas, número 3347 III (figura 1).

#### **5.3.2 Bosque Pénjamo.**

Corresponde a una propiedad de 18 ha de repastos y bosque secundario, dicho inmueble es propiedad de la Agrícola Ganadera Comercial Hermanos Maroto S.R.L. Este sitio posee un área de 3,91 ha de bosque secundario; este bosque tiene alrededor de 45 años de haberse regenerado; antes era un área dedicada a repasto, que posteriormente se dejó en abandono.

Ubicación. Esta propiedad está ubicada en el pueblo de Pénjamo, distrito Florencia, cantón San Carlos, provincia de Alajuela entre las hojas cartográficas Fortuna y Aguas Zarcas 3347 III (figura 2).

### **5.3.3. Bosque Coope San Juan**

Corresponde a una propiedad de 416 ha de las cuales 258 ha son bosques, el área restante es dedicada al cultivo de yuca, plátano, granos básicos, ganadería, reforestación y un proyecto turístico. Dicho inmueble es propiedad de la Cooperativa de Autogestión San Juan R.L. Entre el área contemplada como bosque existen 8,4 ha de bosques secundarios, compuesto por tres bloques (bloque I de 2,1 ha, bloque II de 4,52 ha y bloque III de 1,79 ha). Estos bosques tienen alrededor de 39 años de haberse regenerado; antes eran áreas dedicadas a cultivos diversos y ganadería.

Ubicación. Esta propiedad está ubicada en el Caserío de la Gloria de Aguas Zarcas, San Carlos, Alajuela. Geográficamente ubicada en la hoja cartográfica Tres amigos 3347 IV (figura 3).

En cada sitio, en su primera evaluación se realizó un muestreo diagnóstico que siguió la metodología de Hutchinson (1993), donde se establecieron parcelas temporales de 10 x 10 m en forma consecutiva y de un largo variado hasta completar la intensidad de muestreo según el área del bosque evaluado. En este muestreo se midieron e identificaron todos los árboles mayores a 10 cm de diámetro con el fin de identificar árboles líderes deseables. Así mismo, se establecieron parcelas permanentes de monitoreo (PPM) de 500 m<sup>2</sup> y 625 m<sup>2</sup>. Cada sitio presenta bosque secundario de igual características, de mayor o igual tamaño que donde fueron aplicados los tratamientos, con el fin de generar comparación entre los mismos sitios, con manejo y sin manejo (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Características de los bosques secundarios objeto de estudio ubicados en el Cantón de San Carlos, Costa Rica.

Condición/Bosque	Florencia <sup>1</sup>	Pénjamo <sup>2</sup>	Coope San Juan <sup>3</sup>
Edad del bosque en su primera evaluación	18 años	25 años	23 años
Año en que fue intervenido el bosque	1998	1999	2000
Tratamientos silviculturales aplicados	Liberación, corta de bejucos, refinamiento y aprovechamiento	Corta de lianas y corta de bejucos	Aprovechamiento y corta de bejucos
Número de PPM establecidas	6	3	7
Número de unidades para el muestreo diagnóstico	46	40	--
Número de bloques evaluados (estratos)	2	1	2

Fuente: <sup>1</sup>Morales (1998), <sup>2</sup>Quirós (1999), <sup>3</sup>Segura (1999),

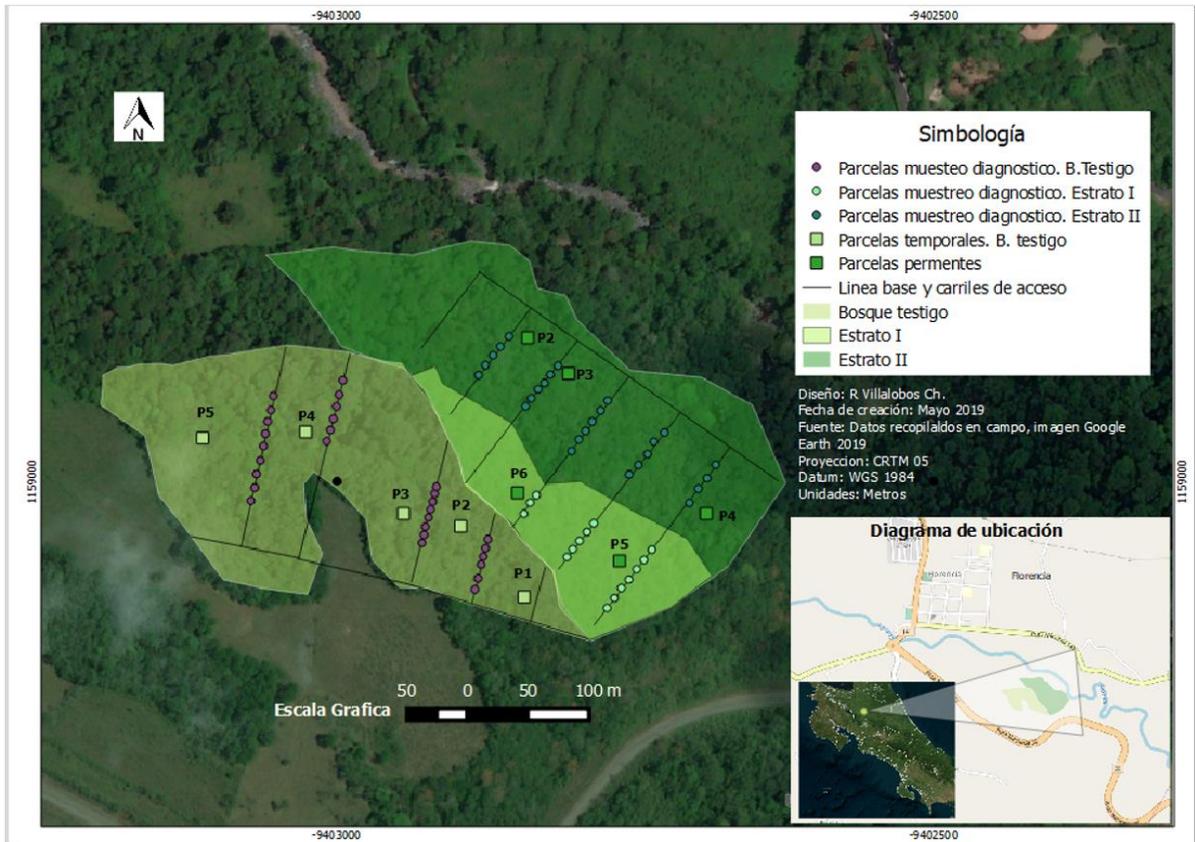
#### 5.4 Re-establecimiento de las PPM

Primero, se ubicó geográficamente y se re-establecieron las parcelas permanentes de muestreo. La ubicación geográfica se hizo con la ayuda de vecinos y propietarios que en el pasado ayudaron en el establecimiento de las PPM, además de la guía que dan los croquis.

En cada uno de los bosques secundarios seleccionados, se restablecieron las parcelas permanentes (cuadro 2) y se establecieron nuevas parcelas para el muestreo diagnóstico tal y como se detalla a continuación:

##### 5.4.1 Bosque Florencia

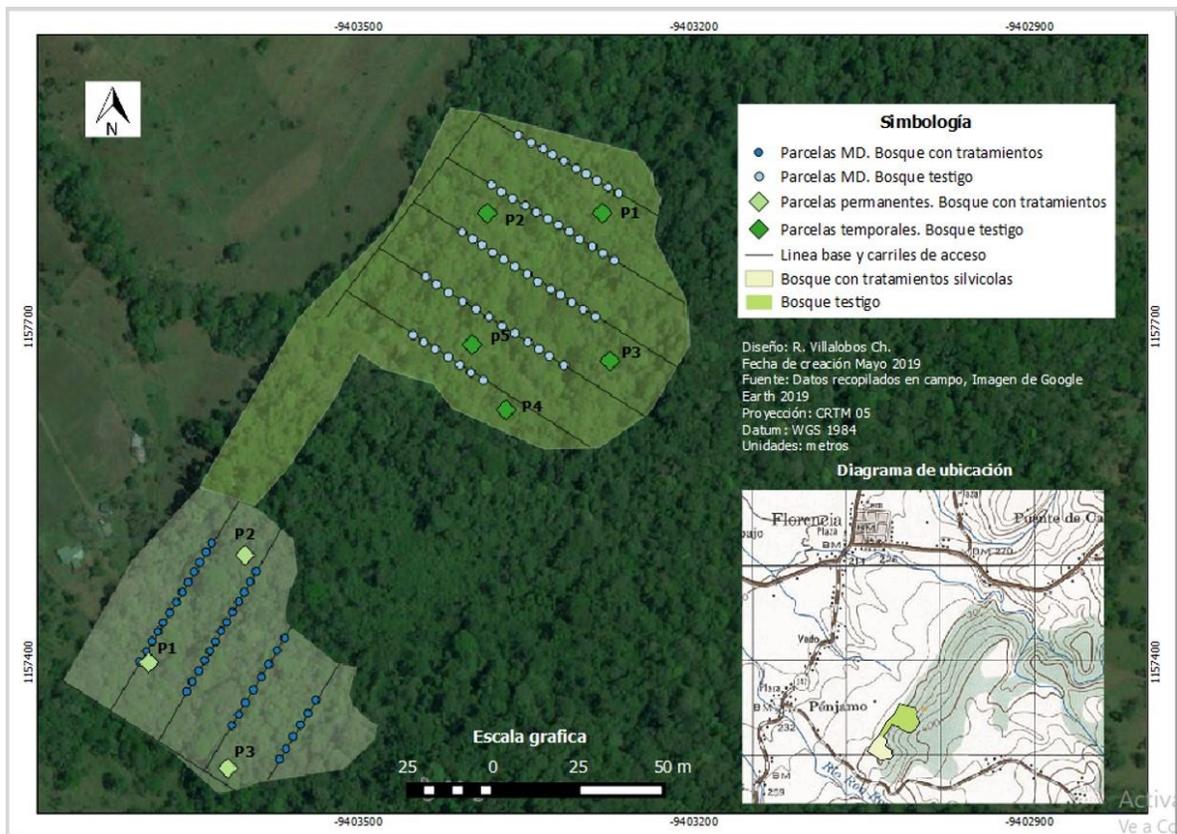
Se re-establecieron 5 PPM de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m), 2 en un estrato (intensidad de muestreo de 6%) y 3 unidades de muestreo en un segundo estrato (4% de intensidad de muestreo). Así mismo se estableció de manera temporal un total de 37 parcelas para muestreo diagnóstico de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) con una intensidad de 7%. El establecimiento de las parcelas para el muestro diagnóstico fue a partir de una línea base con un azimut de 120° y carriles perpendiculares a esta cada 50 metros (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en bosque manejado y bosque testigo en Florencia de San Carlos, Costa Rica, 2018.

#### 5.4.2 Bosque Pénjamo.

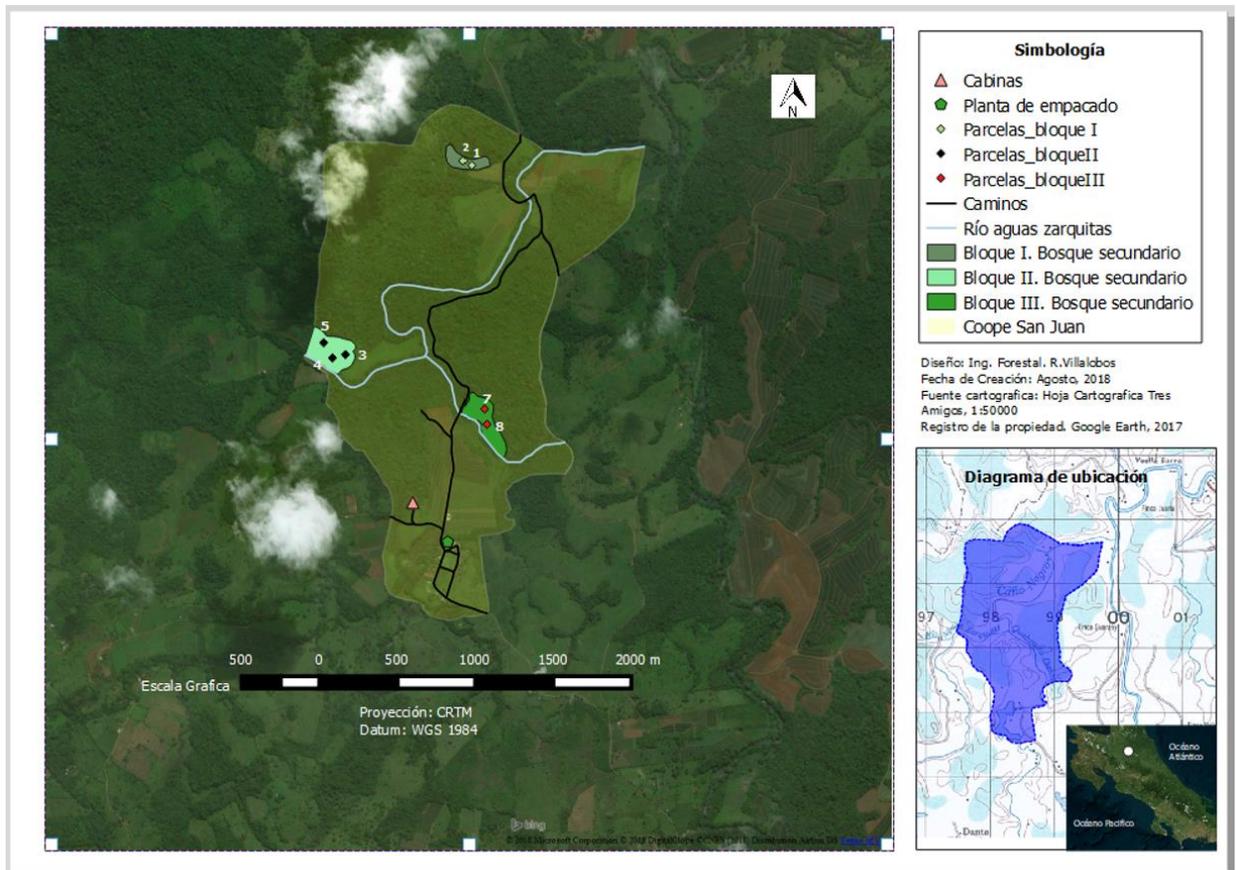
Se re-establecieron 3 PPM de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m), para un 4% de intensidad de muestreo. Así mismo se estableció de manera temporal un total de 41 parcelas para muestreo diagnóstico de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) con una intensidad de 10%. El establecimiento de las parcelas para el muestro diagnóstico fue a partir de una línea base con un azimut de 310° y carriles perpendiculares a esta cada 50 metros (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en bosque manejado y bosque testigo en Pénjamo, Florencia de San Carlos, Costa Rica, 2018.

### 5.4.3. Bosque Coope San Juan

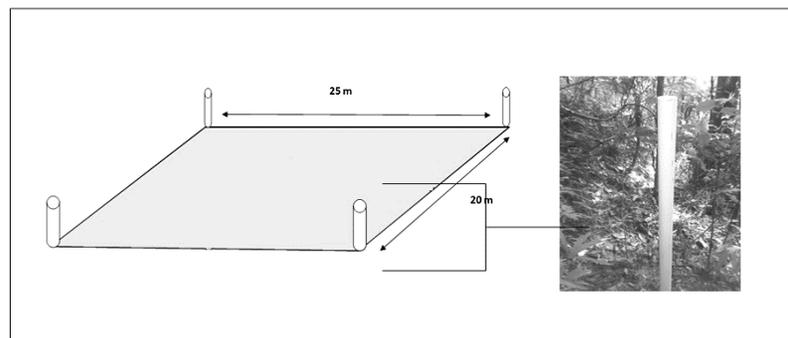
Se re-establecieron 7 PPM de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m), 2 parcelas en el estrato I (intensidad de muestreo de 6%), 3 unidades en el estrato II (4% de intensidad de muestreo) y 2 parcelas en el estrato III (7% de intensidad de muestreo). (Figura 3).



**Figura 3.** Ubicación y representación cartográfica de los bosques secundarios y unidades de muestreo permanentes y temporales en Coope San Juan, Aguas Zarcas de San Carlos, Costa Rica, 2018.

#### 5.4.4 Criterios de evaluación en las Unidades de muestreo.

Una vez ubicado geográficamente cada PPM se re-estableció y marcó las cuatro esquinas, posteriormente se ubicó e identificó cada individuo con un  $d \geq 10$  cm (figura 4). Se contó con los registros digitales de todas las PPM establecidas en los bosques secundarios por lo que una vez re-establecidas, se procedió a pintar cada punto de medición y registrar los ingresos que se hayan incorporado. Para dicho trabajo se siguió el protocolo de establecimiento de PPM del INISEFOR (2010) como se describe a continuación:



**Figura 4.** Representación sobre re-instalación de parcelas permanentes en el Cantón de San Carlos-Costa Rica.

#### 5.4.5 Criterios de evaluación en los Bosques Secundario

Una vez re-establecida cada parcela en los bosques secundarios se evaluó sobre estos dos aspectos: (i) condiciones morfológicas de cada uno de los árboles presentes en la PPM de 500 m<sup>2</sup> y (ii) presencia de líderes deseables (LD) en la totalidad de los bosques secundarios, los cuales se determinaron por medio de un muestreo diagnóstico del bosque secundario a través de parcelas temporales de 100 m<sup>2</sup>.

#### 5.4.6 Información considerada en campo

Se consideró la especie, diámetro, altura total, posición en el dosel, forma de la copa, grados de infección de lianas y bejucos y forma de fuste. Estos criterios fueron utilizados para evaluar composición florística, estructura y volumen además de la selección los mejores individuos (líderes deseables).

### **Identificación**

En cada PPM se evaluó cada árbol y se identificó a nivel de familia, género y especie con la colaboración de los especialistas en plantas, con el botánico, Pablo Sánchez Vindas y se compararon con las colecciones del Herbario Juvenal Valerio de la Universidad Nacional, Heredia.

### **Medición del diámetro**

El diámetro medido ( $d$ ) es el diámetro de la sección normal del árbol, que se encuentra a 1,30 metros desde la base. Como regla general se establece que el diámetro se mide a 1,30 metros desde el suelo; sin embargo, si el árbol presentó deformidades, gambas, raíces u otras anomalías que compliquen la medición de esta variable, se siguió los criterios de medición del protocolo de establecimiento de PPM del INISEFOR (2010).

### **Estimación de alturas**

Las alturas se estimaron con la siguiente fórmula utilizada por Vargas (2012):

$$h = 1,3 + \frac{d^2}{-3,80595 + 1,2801 \times d + 0,01695 \times d}$$

Donde:

h: Altura en metros.

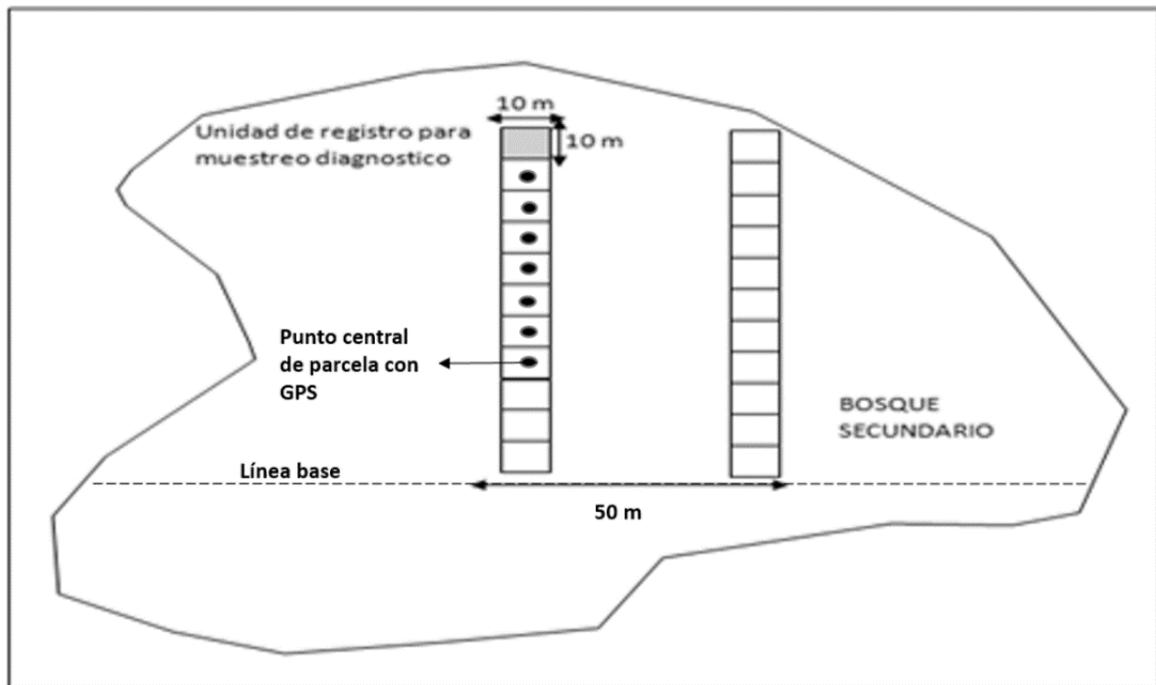
d: Diámetro en centímetros.

### **Identificación de líderes deseables**

Para evaluar las condiciones de la masa y cambios en productividad se identificaron líderes deseables en cada bosque secundario, evaluado por medio de la aplicación del muestro diagnóstico que fue basado en la metodología propuesta por Hutchinson (1993) que consiste en el establecimiento de unidades de muestreo de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) de forma consecutiva sobre carriles cada 100 metros (figura 5). Esta evaluación siguió la metodología que se utilizó en la primera evaluación (posición en el dosel, forma de la copa, grados de infección de lianas,

bejucos y forma de fuste). En cada unidad de muestreo se seleccionó el líder deseable (LD), el cual debía reunir las siguientes características:

- Ser el mejor (el más alto o el de mayor diámetro) entre los árboles comerciales.
- No ser un árbol remanente ( $d_{mc} \leq a 60$  cm).
- Ser de un solo eje, sano, bien formado y con solo una sección recta de por lo menos 4 m de largo.
- Tener una copa bien formada y vigorosa.



**Figura 5.** Representación de las unidades registro para el muestro diagnóstico de los bosques secundarios ubicados en el Cantón de San Carlos-Costa Rica.

### **Clasificación del dosel (posición de copa)**

La clasificación del dosel al que pertenece el árbol se refiere a la posición relativa de la copa de cada árbol con sus vecinos de igual o mayor tamaño. Se evaluó mediante la adaptación de Lamprecht (1998) e INISEFOR (2010). La escala de clasificación fue de 1 a 5, donde 1 es árbol emergente (copa con plena exposición a la luz tanto en la parte superior como lateral) y 5 es

aquel árbol con ausencia de luz directa. Este criterio se empleó a posición de copa, para definir la necesidad del tratamiento de liberación o de anillamiento de los individuos comerciales según sea la tolerancia. Ya que combina la posición sociológica del individuo en la estructura vertical y la compara con el vecino más cercano.

### **Forma de copa**

De acuerdo con Lamprecht (1990) la evaluación de la forma de copa se puede utilizar como un índice de vigor del individuo. Por lo general, se relaciona con las probabilidades de crecer y sobrevivir del árbol. No obstante, la copa no siempre es fácilmente visible, ya sea porque la densidad del dosel impide la visibilidad o porque existe otra vegetación como lianas, epífitas, y otras plantas, que viven en la copa de los árboles y que pueden dificultar la apreciación de la forma de la copa del individuo. En este caso se utilizó la metodología propuesta por Dawkins (1958) con escala de clasificación es de 1 a 5, donde 1 corresponde a una copa perfecta y 5 una copa muy pobre.

### **Forma del fuste**

De acuerdo con Lamprecht (1990) la clasificación del fuste al que pertenece un árbol se refiere a si un individuo posee una o varias secciones rectas o irregulares. Esta clasificación busca obtener un fuste rollizo sin deformidades con una sección recta. Para dicha evaluación se tomó en consideración la evaluación propuesta por INISEFOR (2010).

Una vez identificadas y re-establecidas las parcelas permanentes, así como, de la aplicación de los criterios de evaluación contemplados, también se realizaron las siguientes evaluaciones

### **Grados de infección de lianas y bejucos**

De acuerdo con Synnott (1991) la evaluación sobre el grado de infección por lianas y bejucos repercute en el desarrollo de individuo y calidad de la forma de fuste. Para la medición de grado de infección de lianas y bejucos se utilizaron los criterios propuestos por este autor, con escala de 1 a 5, donde 1 corresponde sin afectación y 5 afectación grave afectando, follaje, ramas y fuste.

### **Estructura horizontal**

Los estudios estructurales de los bosques constituyen la principal herramienta para el entendimiento de la dinámica, pues permite, entre otras cosas hacer inferencia sobre el origen, características ecológicas, dinámicas y tendencias futuras de una comunidad vegetal Lamprecht (1990). Se analizaron diferentes aspectos que ayudarán a obtener una mejor comprensión del bosque como lo son la riqueza y diversidad florística, distribución diamétrica y área basal.

### **Estructura vertical**

Es la distribución de los individuos a lo alto del perfil de los bosques; responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones micro ambientales presentes en las diversas alturas del perfil, las cuales permiten que especies con diferentes requerimientos de energía se ubiquen en los niveles que mejor satisfagan sus necesidades (Valerio y Salas, 1997).

Para establecer la estructura vertical de los diferentes estadios de sucesión de bosque se utilizó la metodología de IUFRO (Leibundgut 1958, citada por Vargas 2012). En la cual se diferencian tres estratos de altura:

Piso superior: número de individuos por especie que se encuentran a una altura mayor a dos terceras partes de la altura superior del vuelo del bosque en estudio.

Piso medio: número de individuos por especie que se encuentran entre las dos terceras partes y una tercera parte de la altura superior del vuelo del bosque en estudio.

Piso inferior: número de individuos por especie que se encuentran en una altura menor a un tercio de la altura superior de vuelo del bosque en estudio.

#### **5.4.7 Análisis de los datos e información de campo para la comparación de sitios con aplicación de tratamientos silviculturales y sin aplicación de tratamientos.**

Toda la información recopilada (información de parcelas permanentes) se unificó en una base de datos, posteriormente se utilizó el Programa ANAEST 2003 (es una hoja de cálculo de Excel, desarrollado por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional de Costa Rica) para determinar la riqueza, abundancia, dominancia, frecuencia. Así mismo se calcularon los siguientes índices y valores:

Índice de Shannon- Wiener: Refleja el grado de incertidumbre asociado al hecho de predecir la especie de un individuo tomado al azar de la comunidad. Tiene en cuenta el número de especies y la abundancia relativa de cada especie (CATIE, 2002). Se calcularon a través de la siguiente fórmula:

$H = -\sum p_i \log p_i$  donde  $p_i$  representa la proporción (abundancia relativa) de cada especie en cada sitio y log en el logaritmo en base 10.

Índice de Simpson: Mide cuan equitativamente se reparten los individuos entre las especies (CATIE, 2002). Se calculó a través de la siguiente fórmula:

$\delta = \sum (n_i^2/N^2) = \sum p_i^2$  donde  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra encontrada en cada PPM.

Densidad: Se estimó a través del número de árboles de diferentes especies por PPM para luego proyectarla a cada área evaluada.

Índice de Bray-Curtis: Se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente. Se expresa de la siguiente manera:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum (x_i - y_i)}{\sum (x_i + y_i)}$$

Dónde:  $x_i$  = abundancia o densidad de especies  $i$  en un conjunto 1;  $y_i$  = abundancia de las especies en el otro.

### **Comparación de los resultados y análisis de los datos**

Para uno de los parámetros dasométricos se registró el cambio ocurrido en el valor de la segunda evaluación con respecto a primera (Segura (1999), Morales (1998), Quirós (2000) y se comparó entre los mismos sitios donde no se aplicaron tratamientos (bosque secundario testigo). Para llevar a cabo dicha comparación se establecieron la misma cantidad de unidades de monitoreo (500 m<sup>2</sup> y 100 m<sup>2</sup> para muestreo diagnóstico) y se registraron todas las variables descritas anteriormente.

Una vez conformada la base de datos, primeramente, se estudió el comportamiento de los mismos mediante figuras y cuadros. Seguidamente, se realizó un análisis de varianza para el área basal y volumen de los bloques de bosque evaluados.

Se realizó la predicción de las curvas de acumulación de especies por área de muestreo en el software EstimateS 9.1 y la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U) en el software Infostat en su versión 2020. Para esto se utilizaron los datos obtenidos en el muestreo diagnóstico para ambos sitios. En el caso de Florencia se utilizaron 37 unidades de muestreo del bosque evaluado y 24 del bosque testigo, mientras que para Pénjamo se utilizaron 41 del bosque evaluado y 40 del testigo; cada una de las unidades con un área de 100 m<sup>2</sup>.

Las curvas de acumulación de especies estiman un rango de riqueza que refleja la variabilidad de la población en general, así como el esfuerzo de muestreo faltante para alcanzar una representatividad total del área estudiada. Para esto se probaron seis estimadores diferentes: ACE el cual se basa en la abundancia de aquellas especies con diez o menos individuos en las unidades de muestreo, Chao 1 que considera el número de especies raras dentro de la muestra, mientras que Chao 2 se centra en las que aparecen exactamente en una y dos unidades de muestreo. Además, se calcularon los estimadores Jack 1 y Jack 2, en el primer caso se trata de un estimador basado en la cantidad de especies presentes en solo una muestra, mientras en el

segundo se le añade la cantidad de especies presentes en dos muestras. El sexto estimador fue el de Bootstrap, el cual se basa en la proporción de unidades de muestreo que contiene cada especie.

Para eliminar el riesgo de que los resultados obtenidos sean producto del orden espacial de los datos al ser ingresados al programa, los estimadores fueron calculados 100 veces con aleatorizaciones del orden de las unidades de muestreo y el resultado que se muestra para cada estimador es el valor promedio de estas.

Seguidamente, se estimó el índice de completitud (C), el cual puede interpretarse como la representatividad o nivel de conocimiento obtenido en el muestreo realizado con respecto a un valor “real” modelado, y se basa en la relación existente entre la riqueza observada (S<sub>obs</sub>) y la riqueza estimadas (S<sub>estima</sub>) expresadas en porcentaje

$$C = \frac{S_{obs}}{S_{estima}} * 100$$

Los diferentes estimadores se calcularon a través del software EstimateS 9.1, especializado para la estimación de riqueza de especies.

## **6. Resultados**

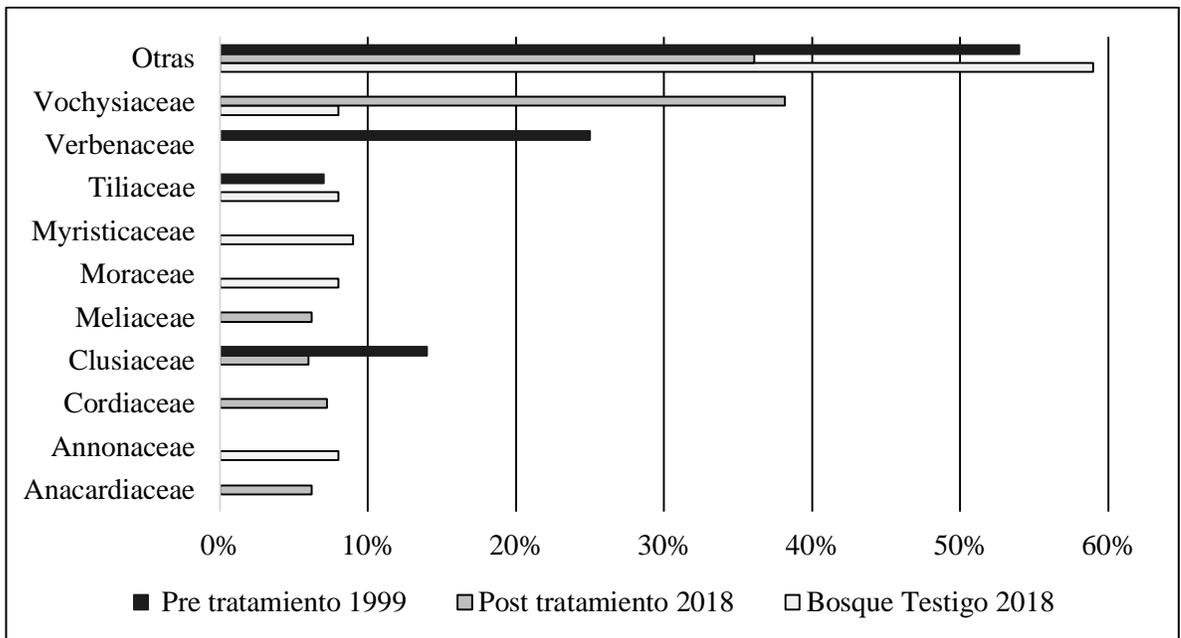
La información se analizó por separado por finca según la información de parcelas permanentes y muestreo diagnóstico en cada caso.

### **6.1 Finca Florencia**

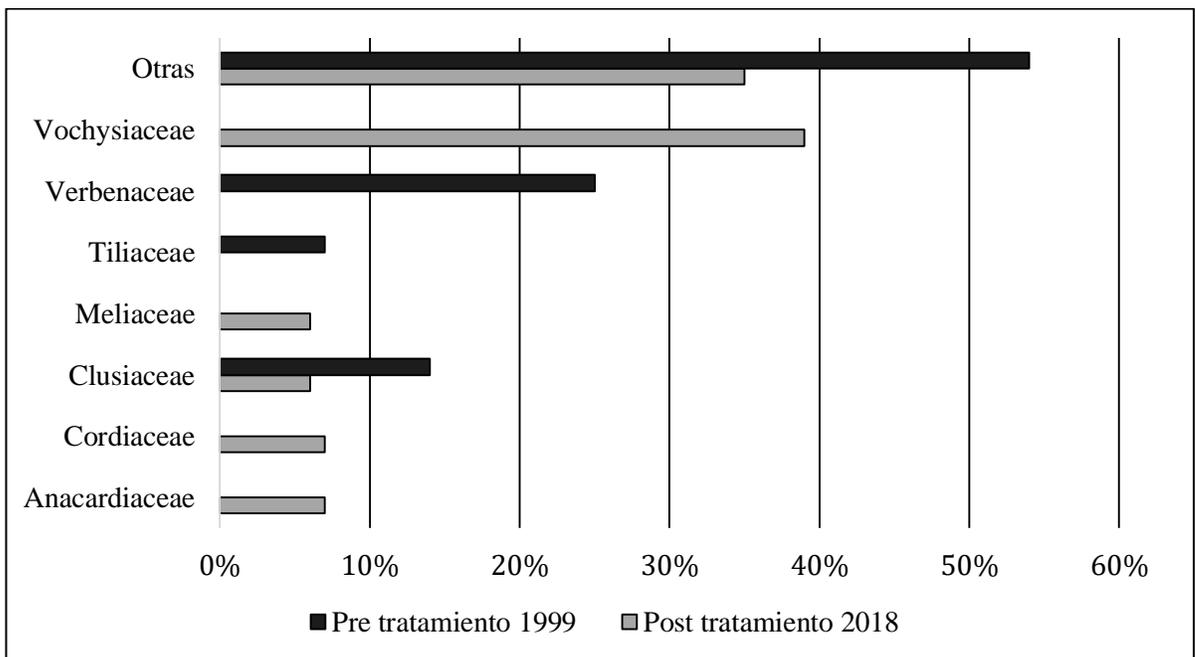
#### **6.1.1 Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales: bloque I y II.**

En el bloque I, se identificaron 38 especies en 1999, 30 especies en el 2018 posterior a la aplicación de tratamientos y 52 especies en el bosque testigo, así mismo estas especies, están representadas por 27 familias en 1999, 23 en el 2018 y 26 en el bosque testigo. La familia Verbenaceae fue la que mayor abundancia registró previo a aplicación de los tratamientos silviculturales (25%). Posterior a la aplicación de tratamientos Vochysiaceae presenta la mayor abundancia con un 36% y 8% en el bosque testigo (figura 6).

En el caso del bloque II, para 1999 se registró un total de 69 especies representada por 30 familias. La familia Verbenaceae fue que presentó la mayor abundancia (25%); por su parte en el 2018 se registró un total de 50 especies. La familia más abundante fue Vochysiaceae con un 38% de abundancia (figura 7).

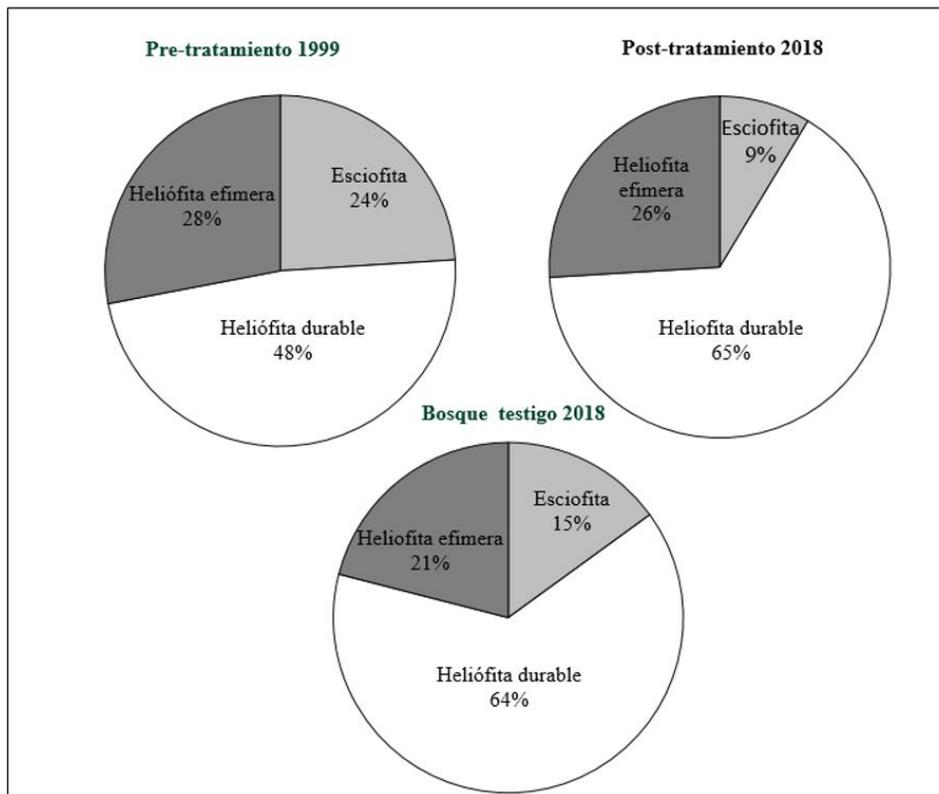


**Figura 6.** Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018.

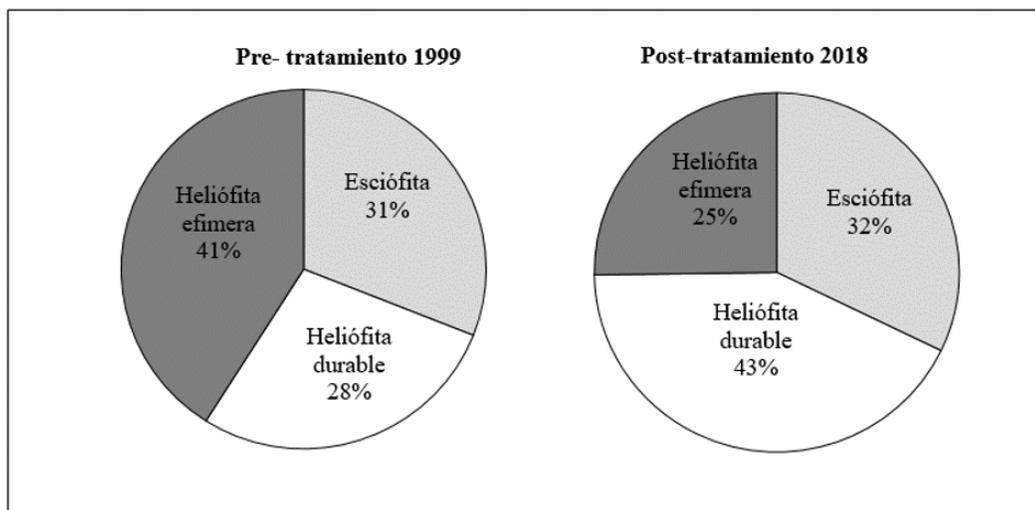


**Figura 7.** Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018.

En cuanto a los grupos ecológicos, en 1999 de las 38 especies identificadas en el estrato I, 11 eran del grupo de heliófitas efímeras (HE), la más abundante fue *Vismia ferruginea*, el grupo de las heliófitas durables (HD) con un 48% (figura 11) y 18 especies, siendo las más abundantes *Goethalsia meiantha* y *Miconia argentea*, 9 especies fueron esciófitas (ES), donde *Brosimum guianense* y *Turpinia occidentalis* fueron las más abundantes. En el estrato II, de las 69 especies identificadas 27 especies fueron de grupo de las heliófitas efímeras (HE) con un 41% (figura 8) siendo la más abundante *Cecropia peltata*, 19 especies heliófitas durables (HD) con *Apeiba membranacea* y *Goethalsia meiantha* más abundantes y 23 especies esciófitas (ES) con *Protium panamense* y *Virola sebifera*. En el 2018 (figura 8) posterior a la aplicación de tratamientos en el bloque I, de las especies del grupo HD *Vochysia ferruginea* fue la más abundante junto con *Hampea appendiculata*. Para el caso de HD y ES *Vochysia guatemalensis* y *Guarea pterorhachis* son las más abundantes respectivamente. En el bloque II para el gremio de HE *Colubrina spinosa* fue la más abundante, mientras tanto, para el caso de HD fue *Vochysia guatemalensis* y *Dendropanax arboreus*. Así mismo para ES fue *Brosimum guianense*. Para el caso del bosque testigo del bloque I, la especie con mayor incidencia en HE es *V. ferruginea*, para el grupo HD la lista es encabezada por *V. guatemalensis* y *D. arboreus* de igual manera que en bloque I posterior a la aplicación de tratamientos; con respecto a las ES, *Protium panamense* es la más abundante.



**Figura 8.** Grupos ecológicos (%) para las especies del estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.



**Figura 9.** Grupos ecológicos (%) para las especies del estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Dentro de las características generales de la estructura horizontal el Índice de Valor de Importancia (IVI) busca establecer una jerarquía a partir de una abundancia, frecuencia y dominancia de cada una de las especies, lo que hace posible comparar el peso ecológico de cada una de ellas (Monge, 2000).

El cálculo del IVI se realizó de forma conjunta de acuerdo al muestreo de los bloques de bosque, para el bosque del bloque I previo y posterior a la aplicación de tratamientos y el bosque testigo (cuadro 3). Así mismo para el bloque II previo y posterior a la aplicación de tratamientos (cuadro 4). Para cada caso se seleccionaron las 10 especies con los mayores índices.

De acuerdo con los resultados, en el bloque I previo a la aplicación de tratamientos se analizaron un total de 38 especies, de las cuales las primeras 10 equivalen al 77,8 % del valor total de IVI, dentro de las cuales *Cordia alliodora* presenta un índice más elevado. Posterior a la aplicación de tratamientos en el 2018, se registró un total de 30 especies, las primeras 10 registradas equivalen 70% del total y la especie con mayor IVI fue *Vochysia guatemalensis* con un 19%. Así mismo, el bosque testigo registró 52 especies, las primeras 10 representan 48% de la totalidad del IVI, siendo *Vochysia guatemalensis* la que más registró este valor.

Para el caso del bloque II (cuadro 7), previo a la aplicación de tratamientos silviculturales se registró un total de 45 especies, las 10 primeras representan el 51% del total del IVI y la que mayor índice obtuvo fue *Protium panamense* con un 8,7%. Posterior a los tratamientos, el registro total fue de 48 especies, donde las primeras 10 representan casi el 47% del total, con *Virola koschnyi* como la principal con un IVI de 6,7%.

**Cuadro 3.** Abundancia, dominancia, frecuencia, en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Pre-cosecha 1999							
Especies Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
<i>Cordia alliodora</i>	6	10,53	0,23	17,22	1	7,69	35,44
<i>Goethalsia meiantha</i>	7	12,28	0,18	13,34	1	7,69	33,31
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	6	10,53	0,1	7,2	1,5	11,54	29,27
<i>Trichospermum galeottii</i>	2	3,51	0,25	18,78	0,5	3,85	26,14
<i>Vochysia guatemalensis</i>	6	10,53	0,11	7,75	1	7,69	25,97
<i>Miconia argentea</i>	6	10,53	0,07	5,12	0,5	3,85	19,5
<i>Vochysia ferruginea</i>	4	7,02	0,08	6,07	0,5	3,85	16,94
<i>Psidium guajava</i>	3	5,26	0,04	3,17	1	7,69	16,12
<i>Vismia ferruginea</i>	3	5,26	0,03	2,47	1	7,69	15,42
<i>Koanophyllon hylonomum</i>	4	7,02	0,06	4,5	0,5	3,85	15,37
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>47</b>	<b>82,47</b>	<b>1,15</b>	<b>85,62</b>	<b>8,5</b>	<b>65,39</b>	<b>233,48</b>
<b>Subtotal 28 especies</b>	<b>10</b>	<b>17,53</b>	<b>0,19</b>	<b>14,38</b>	<b>4,5</b>	<b>34,61</b>	<b>66,52</b>
<b>Total 38 especies</b>	<b>57</b>	<b>100</b>	<b>1,34</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
Post-tratamiento 2018							
<i>Vochysia guatemalensis</i>	28	26,92	0,71	25,1	1	5	57,02
<i>Vochysia ferruginea</i>	9	8,65	0,67	23,43	1	5	37,08
<i>Xylopia sericophylla</i>	7	6,73	0,26	9,23	1	5	20,96
<i>Vismia ferruginea</i>	6	5,77	0,19	6,56	1	5	17,33
<i>Inga sp</i>	3	2,88	0,22	7,75	1	5	15,63
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	4	3,85	0,17	6,12	1	4,04	14,01
<i>Hampea appendiculata</i>	5	4,81	0,12	4,38	0,7	4,05	13,24
<i>Cordia alliodora</i>	6	5,77	0,09	3,24	0,7	5	14,01
<i>Guarea bullata</i>	5	4,81	0,02	0,79	1	5	10,6
<i>Simarouba amara</i>	3	2,88	0,03	0,88	1	5	8,76
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>76</b>	<b>73,07</b>	<b>2,48</b>	<b>87,48</b>	<b>9,4</b>	<b>48,09</b>	<b>208,64</b>
<b>Subtotal 20 especies</b>	<b>28</b>	<b>26,93</b>	<b>0,36</b>	<b>12,52</b>	<b>10</b>	<b>51,91</b>	<b>91,36</b>
<b>Total 30 especies</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>2,84</b>	<b>100</b>	<b>19,4</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Continuación cuadro 3.

Bosque testigo 2018							
Especies Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
<i>Vochysia guatemalensis</i>	8	7,55	0,77	11,41	0,8	5,33	24,29
<i>Virola koschnyi</i>	9	8,49	0,49	7,33	0,8	5,33	21,15
<i>Inga sp</i>	5	4,72	0,49	7,34	0,6	4	16,06
<i>Trichospermum galeottii</i>	5	4,72	0,45	6,68	0,6	4	15,4
<i>Ficus sp</i>	2	1,89	0,61	9,15	0,4	2,67	13,71
<i>Sapium glandulosum</i>	4	3,77	0,22	3,3	0,8	5,33	12,4
<i>Luehea seemannii</i>	4	3,77	0,26	3,87	0,6	4	11,64
<i>Ocotea sp</i>	4	3,77	0,26	3,84	0,4	2,67	10,28
<i>Protium panamense</i>	5	4,72	0,09	1,28	0,6	4	10
<i>Dendropanax arboreus</i>	4	3,77	0,12	1,77	0,6	4	9,54
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>50</b>	<b>47,17</b>	<b>3,76</b>	<b>55,97</b>	<b>6,2</b>	<b>41,33</b>	<b>144,47</b>
<b>Subtotal 42 especies</b>	<b>56</b>	<b>52,83</b>	<b>2,95</b>	<b>44,03</b>	<b>8,8</b>	<b>58,67</b>	<b>155,53</b>
<b>Total 52 especies</b>	<b>106</b>	<b>100</b>	<b>6,71</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Se calcularon tres índices de diversidad para cada año y bloque de bosque previo y posterior a la aplicación de tratamientos. Según los resultados del bloque I con su testigo y bloque II.

**Cuadro 4.** Índices de Simpson, Shannon en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Índices	Pre-cosecha 1999	Post-cosecha 2018	Bosque testigo 2018
Simpson	0,9203	0,8970	0,9628
Shannon	2,6908	2,8400	3,4978
Czekanowski	1,1351	1,7142	1,1509
Cociente de mezcla	3 ind./esp. Dif	3 ind./esp. Dif	4 ind./esp. Dif

Según el índice de Bray Curtis (cuadro 5) la similaridad entre el bosque previo a la aplicación de tratamientos, posterior a estos y el bosque testigo es de 0,29 presentando diferencias significativas entre los sitios ( $P=0,001$ ) (95% IC). A modo general una de las principales especies que se comparte es *Vochysia guatemalensis* con un 35%.

**Cuadro 5.** Índice de similaridad de Bray Curtis entre el pre-tratamiento, post.-tratamiento y bosque testigo de Florencia, San Carlos, 2018.

Bosque	Pre tratamiento	Post tratamiento	Testigo
Pre tratamiento			
Post tratamiento	0,50		
Testigo	0,42	0,67	

En el cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos al calcular los seis estimadores para las especies comerciales y totales presentes en el bloque I de Florencia, así como el índice de completitud respectivo a cada estimador.

**Cuadro 6.** Valores de riqueza estimada ( $R_{est}$ ) e índice de completitud (C) para diferentes estimadores de acuerdo a la cantidad de especies comerciales y totales presentes en el bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica.

Sitio	Clasificación	Estimador	Evaluado		Testigo	
			$R_{est}$	C (%)	$R_{est}$	C (%)
Florencia	Especies comerciales	$S_{obs}$	20		19	
		ACE	34	58,9	23	81,9
		Chao 1	52	38,6	25	76,2
		Chao 2	51	39,1	23	81,5
		Jack 1	28	72	25	76,8
		Jack 2	34	58,1	27	71,1
		Bootstrap	23	86,8	22	87,1
	Especies totales	$S_{obs}$	40		37	
		ACE	63	63,4	46	80,3
		Chao 1	64	62,1	51	72,1
		Chao 2	76	52,3	49	76,3
		Jack 1	55	73,3	49	76,3
		Jack 2	66	60,6	54	68,2
		Bootstrap	46	87,1	42	87,2

**Cuadro 7.** Abundancia, dominancia, frecuencia, IVI en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

<b>Pre tratamiento 1999</b>								
<b>Especies Muestreadas</b>	<b>Abund. Abs.</b>	<b>Abund. %</b>	<b>Dom. Abs.</b>	<b>Dom. %</b>	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. %</b>	<b>IVI %</b>	
<i>Protium panamense</i>	6	5	0,85	17,5	1	3,7	26,2	
<i>Goethalsia meiantha</i>	9	7,5	0,61	12,49	1,33	4,94	24,93	
<i>Virola koschnyi</i>	7	5,83	0,51	10,49	1	3,7	20,02	
<i>Apeiba membranacea</i>	8	6,67	0,45	9,24	1	3,7	19,61	
<i>Stemmadenia donnell-smith</i>	6	5	0,21	4,27	1,33	4,94	14,21	
<i>Spondias mombin</i>	4	3,33	0,35	7,2	0,67	2,47	13	
<i>Posoqueria latifolia</i>	3	2,5	0,18	3,62	1	3,7	9,82	
<i>Colubrina spinosa</i>	5	4,17	0,01	1,54	1	3,7	9,41	
<i>Pouteria sp</i>	4	3,33	0,09	1,78	1	3,7	8,81	
<i>Tetragastris panamensis</i>	2	1,67	0,26	5,39	0,33	1,23	8,29	
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>54</b>	<b>45</b>	<b>3,52</b>	<b>73,52</b>	<b>9,66</b>	<b>35,78</b>	<b>154,3</b>	
<b>Subtotal 35 especies</b>	<b>66</b>	<b>55</b>	<b>1,29</b>	<b>26,48</b>	<b>17,33</b>	<b>64,22</b>	<b>145,7</b>	
<b>Total 45 especies</b>	<b>120</b>	<b>100</b>	<b>4,81</b>	<b>100</b>	<b>26,99</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	
<b>Post-tratamiento 2018</b>								
<i>Virola koschnyi</i>	5	3,73	0,88	14,02	0,67	2,41	20,16	
<i>Apeiba membranacea</i>	7	5,22	0,5	8,02	1,33	4,82	18,06	
<i>Goethalsia meiantha</i>	7	5,22	0,51	8,16	1	3,61	16,99	
<i>Virla sebifera</i>	10	7,46	0,25	3,92	1,33	4,82	16,2	
<i>Trichospermum galeottii</i>	7	5,22	0,5	7,9	0,67	2,41	15,53	
<i>Protium panamense</i>	6	4,48	0,36	5,77	0,67	2,41	12,66	
<i>Dendropanax arboreus</i>	5	3,73	0,26	4,13	1	3,61	11,47	
<i>Vochysia guatemalensis</i>	4	2,99	0,45	7,18	0,33	1,2	11,37	
<i>Inga sp</i>	5	3,73	0,12	1,9	1	3,61	9,24	
<i>Trophis racemosa</i>	6	4,48	0,07	1,06	1	3,61	9,15	
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>62</b>	<b>46,26</b>	<b>3,9</b>	<b>62,06</b>	<b>9</b>	<b>32,51</b>	<b>140,83</b>	
<b>Subtotal 38 especies</b>	<b>72</b>	<b>53,74</b>	<b>2,38</b>	<b>37,94</b>	<b>18,67</b>	<b>67,49</b>	<b>159,17</b>	
<b>Total 48 especies</b>	<b>134</b>	<b>100</b>	<b>6,28</b>	<b>100</b>	<b>27,67</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	

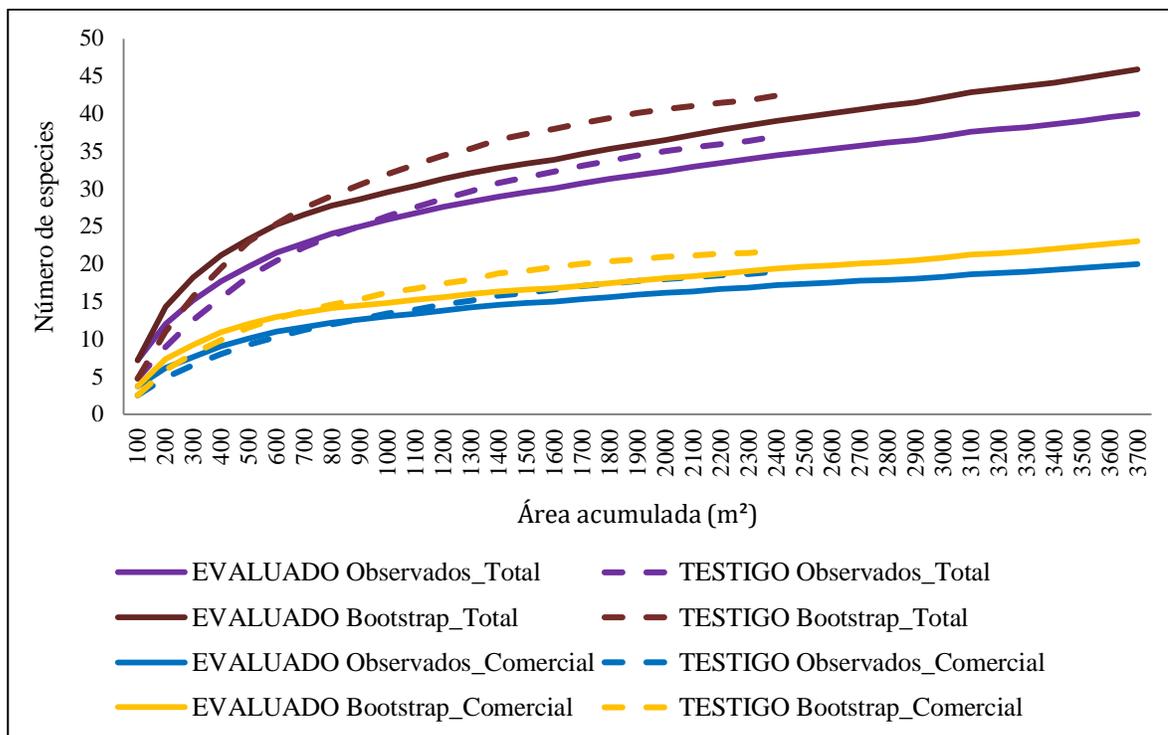
Continuación cuadro 7

Pre tratamiento 1999							
Especies Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
<i>Protium panamense</i>	6	5	0,85	17,5	1	3,7	26,2
<i>Goethalsia meiantha</i>	9	7,5	0,61	12,49	1,33	4,94	24,93
<i>Virola koschnyi</i>	7	5,83	0,51	10,49	1	3,7	20,02
<i>Apeiba membranacea</i>	8	6,67	0,45	9,24	1	3,7	19,61
<i>Stemmadenia donnell-smith</i>	6	5	0,21	4,27	1,33	4,94	14,21
<i>Spondias mombin</i>	4	3,33	0,35	7,2	0,67	2,47	13
<i>Posoqueria latifolia</i>	3	2,5	0,18	3,62	1	3,7	9,82
<i>Colubrina spinosa</i>	5	4,17	0,01	1,54	1	3,7	9,41
<i>Pouteria sp</i>	4	3,33	0,09	1,78	1	3,7	8,81
<i>Tetragastris panamensis</i>	2	1,67	0,26	5,39	0,33	1,23	8,29
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>54</b>	<b>45</b>	<b>3,52</b>	<b>73,52</b>	<b>9,66</b>	<b>35,78</b>	<b>154,3</b>
<b>Subtotal 35 especies</b>	<b>66</b>	<b>55</b>	<b>1,29</b>	<b>26,48</b>	<b>17,33</b>	<b>64,22</b>	<b>145,7</b>
<b>Total 45 especies</b>	<b>120</b>	<b>100</b>	<b>4,81</b>	<b>100</b>	<b>26,99</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Cuadro 8.** Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018

Índices	Pre-cosecha 1999	Post-cosecha 2018
<b>Simpson</b>	0,9657	0,9664
<b>Shannon</b>	3,5754	3,5986
<b>Czekanowski</b>	1,1934	1,4634
<b>Cociente de mezcla</b>	3 ind./esp. Dif	3 ind./esp. Dif

En la figura 10 se presenta la curva de acumulación de especies comerciales y totales para el bosque secundario evaluado (37 unidades de muestreo equivalentes a 3700 m<sup>2</sup>) y su testigo en Florencia (24 unidades de muestreo equivalentes a 2400 m<sup>2</sup>). En todos los casos la curva de acumulación de especies es mayor en el bosque testigo que en el bosque evaluado posterior a la aplicación de tratamientos.

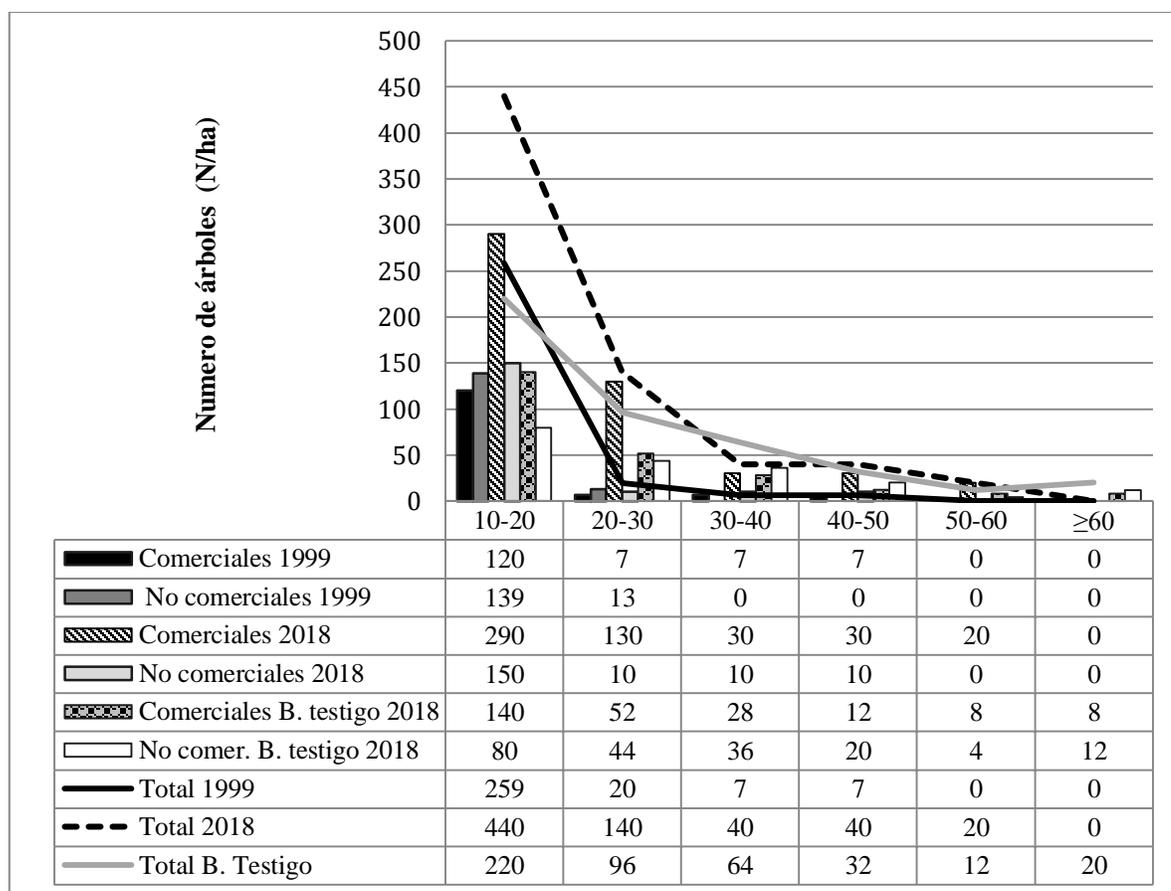


**Figura 10.** Curva de acumulación de especies comerciales y totales por área, de acuerdo al número de especies observadas y estimadas con el índice de Bootstrap para el bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica.

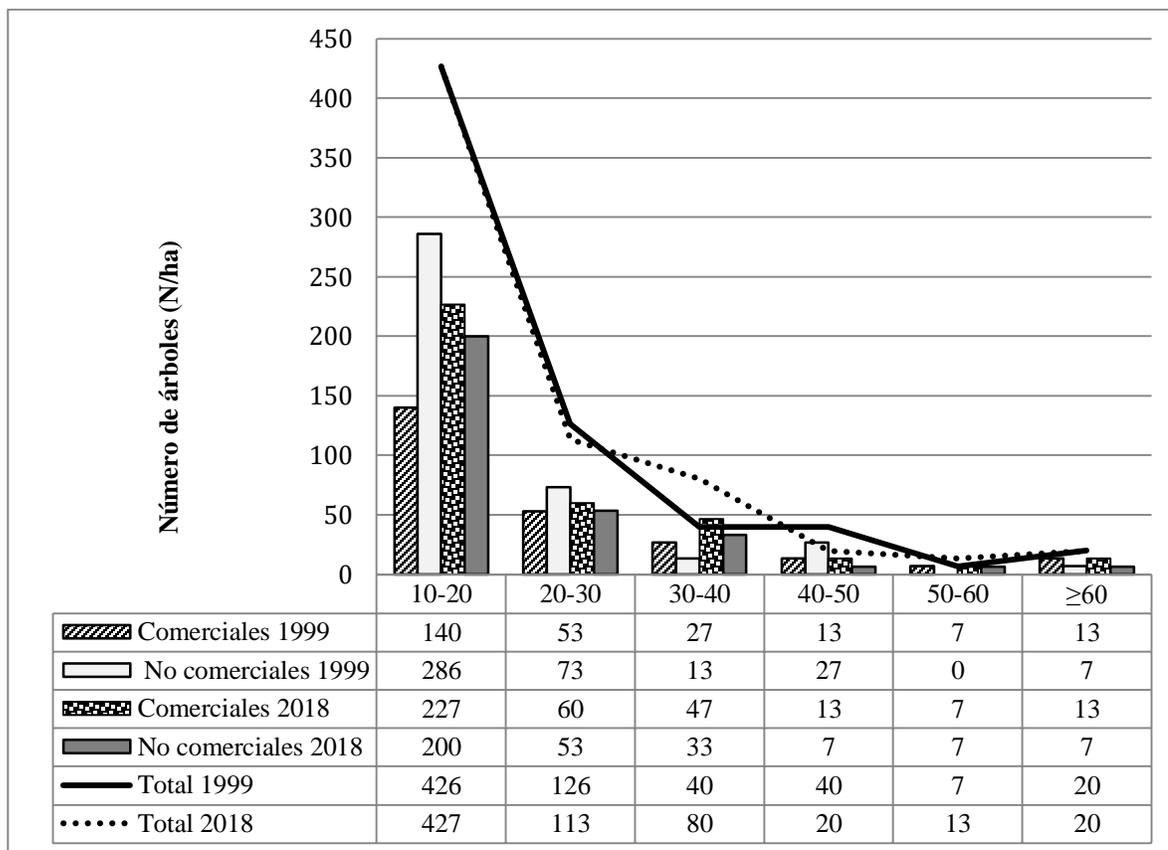
### 6.1.2 Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Estrato I y Estrato II, bosque secundario Florencia.

El bloque I presentó diferencias de abundancia de especies comerciales en todas categorías diamétricas previo y posterior a la aplicación de tratamiento, así como, en el bosque testigo. Se registró un total de 141 individuos comerciales por ha en 1999, en 2018 un total de 500 individuos y el bosque testigo registro 248, en promedio el 62%. Las clases diamétricas inferiores a 30 cm presentaron mayor abundancia de individuos comerciales (figura 11) si se contrasta con las clases diamétricas superiores. Si se comparará la distribución diamétrica en 1999, vemos como las categorías mayores a 40 cm presentan un incremento comparado con la primera evaluación. Además, el bosque presentó un incremento de 66% en abundancia de especies comerciales en todas las clases diamétricas en relación al bosque testigo que presentó un 54%. Para el caso del bloque II (figura 12) en términos de abundancia en 1999 el 42% de la

abundancia total fue representada por especies comerciales, posterior a la aplicación de tratamientos, las especies comerciales representaron el 53%. En relación a la abundancia total, en el bloque I es mayor posterior a la aplicación de tratamientos comparado con la abundancia total del bosque testigo, mientras que en el bloque II solo la clase diamétrica de 30-40 cm incrementó desde que se llevó a cabo el primer registro.

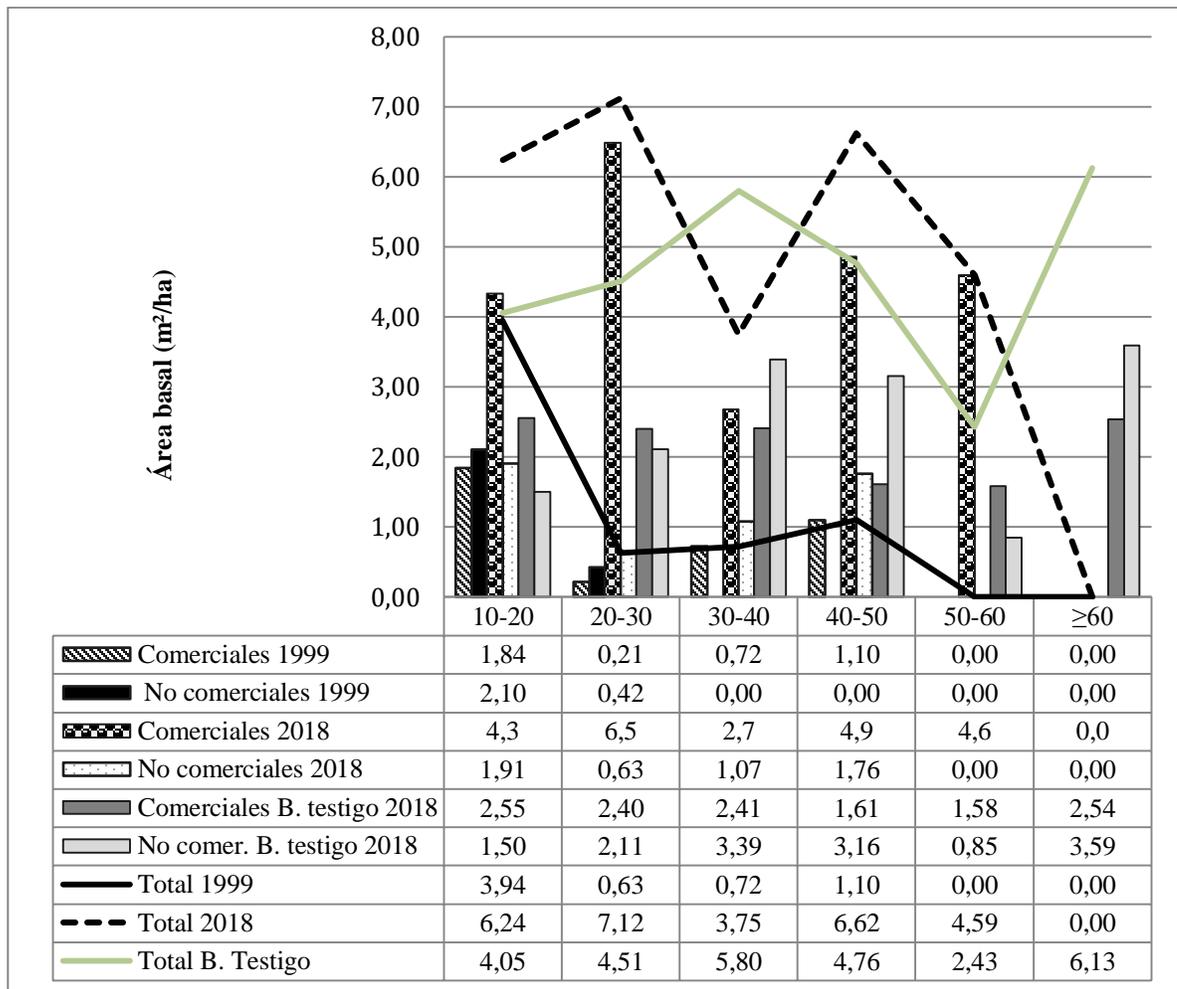


**Figura 11.** Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018.

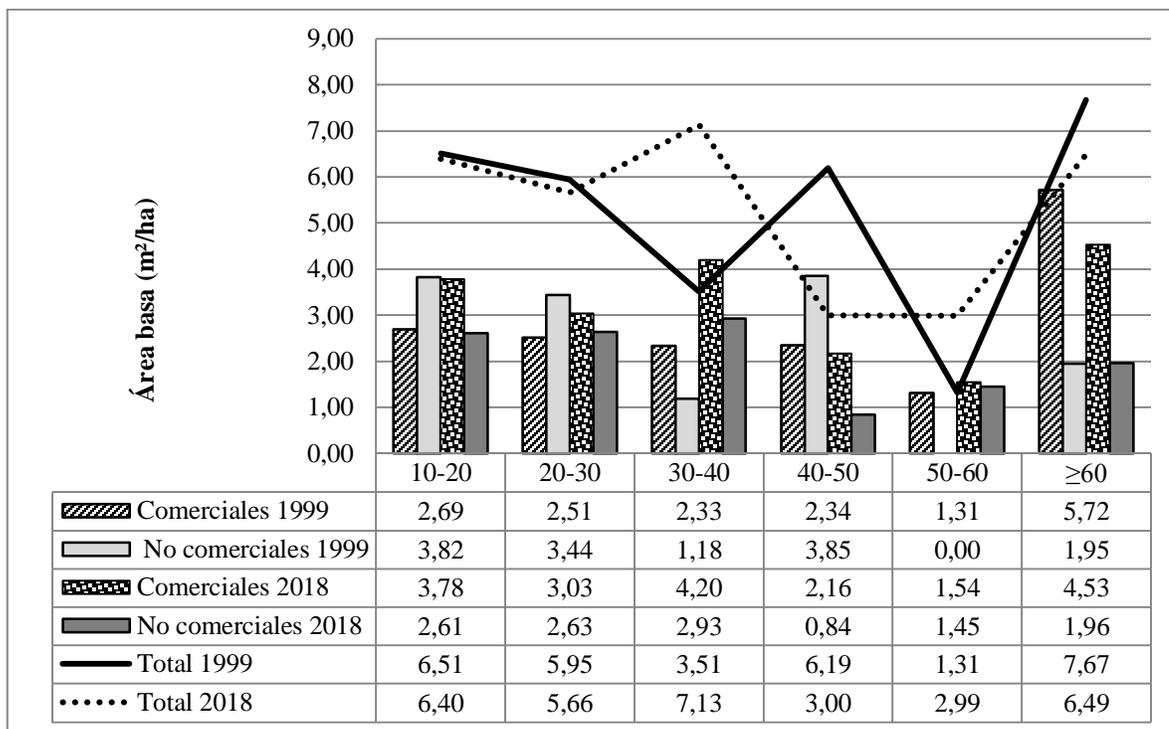


**Figura 12.** Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018.

El área basal comercial del bloque I previo a las aplicaciones silvícolas representó el 54%. Posterior a estas, el área basal comercial incrementó a 69% en todas las clases diamétricas menos en la categoría 60 cm, comparado con el bosque testigo que, sí registró área basal en todas las clases diamétricas, pero solo 47% corresponde a especies comerciales (figura 13). En cuanto al área basal total posterior a la aplicación de tratamientos, las categorías que más incrementaron fue la 20-30 cm y 40-50 cm, comparando con la tendencia del primer registro con una disminución hacia las clases mayores. En el bloque II, el 51% del área basal era representado por especies comerciales previo a la aplicación de tratamientos, posterior a estos, el área basal de las especies comerciales aumento a 60%. En términos generales las clases que tendían a la baja en 1999 aumentaron en el 2018 y viceversa (figura 14).



**Figura 13.** Área basal ( $m^2/ha$ ) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I), Florencia, San Carlos, 2018.



**Figura 14.** Área basal ( $m^2/ha$ ) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II), Florencia, San Carlos, 2018.

Previo a la aplicación de tratamientos silvícolas en el bloque I (cuadro 9), el volumen de las especies comerciales, representó el 64% y 36% para las no comerciales. Posterior a la aplicación de tratamientos el volumen comercial incremento 86% y no comercial disminuyó a 14%, comparado con el bosque testigo que registro 61% de su volumen en especies comerciales y un 39% en no comerciales. En el estrato II el volumen comercial en 1999 fue del 58%, para 2018 posterior a la aplicación de tratamientos incremento a 71% del total.

**Cuadro 9.** Cambios de volumen en especies comerciales en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Volumen $m^3/ha$		
<b>Estrato I</b>	Pre tratamiento 1999	38,9
	Post tratamiento 2018	179,2
	Testigo 2018	141,2
<b>Estrato II</b>	Pre-tratamiento 1999	204
	Post tratamiento 2018	220,7

De las 38 especies identificadas en bloque I previo a la aplicación de tratamientos, 16 fueron del grupo comercial donde la de mayor porcentaje de abundancia fue para *Cordia alliodora* y 22 especies del grupo no comercial con *Goethalsia meiantha* como la especie más abundante (cuadro 10). Posterior a la aplicación de tratamientos se tuvo 12 especies comerciales lideradas por *Vochysia guatemalensis* de mayor abundancia y 18 especies no comerciales como *Vismia ferruginea*. El bosque testigo registró un total de 19 especies comerciales y 23 no comerciales donde *Vochysia guatemalensis* e *Inga sp.* fueron las de mayor abundancia respectivamente. Para el caso del bloque II (cuadro 11), previo a la aplicación de tratamientos fueron registradas 24 especies no comerciales y 21 no comerciales; posterior a los tratamientos se registró un incremento de 21 especies comerciales y 24 especies no comerciales.

**Cuadro 10.** Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Condición/años								
Pre tratamiento 1999			Pre tratamiento 2018			Bosque testigo 2018		
Comerciales								
Especie	Abundancia (N/ha)	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia (N/ha)	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia (N/ha)	Porcentaje (%)
<i>Cordia alliodora</i>	67	5	<i>Vochysia guatemalensis</i>	93	16	<i>Vochysia guatemalensis</i>	40	8
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	60	4	<i>Vochysia ferruginea</i>	60	10	<i>Virola koschmyi</i>	30	6
<i>Vochysia guatemalensis</i>	47	3	<i>Xylopia sericophylla</i>	47	8	<i>Dendropanax arboreus</i>	20	4
			<i>Cordia alliodora</i>	40	7	<i>Apeiba membranacea</i>	15	3
No comerciales								
<i>Goethalsia meiantha</i>	353	25	<i>Vismia ferruginea</i>	40	7	<i>Inga sp.</i>	25	5
<i>Vismia ferruginea</i>	200	14	<i>Hampea appendiculata</i>	33	6	<i>Trichospermum galeotti</i>	25	5
<i>Miconia argentea</i>	87	6	<i>Inga sp.</i>	6	3	<i>Sapium gladiusum</i>	20	4

**Cuadro 11.** Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Condición/años					
Pre tratamiento			Post tratamiento		
Comerciales					
Especie	Abundancia (N/ha)	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia (N/ha)	Porcentaje (%)
<i>Apeiba membranacea</i>	66	4	<i>Virola sebifera</i>	60	27
<i>Protium panamense</i>	60	4	<i>Apeiba membranacea</i>	40	9
<i>Virola sebifera</i>	60	4	<i>Protium panamense</i>	40	7
Pre tratamiento			Post tratamiento		
No comerciales					
<i>Posoqueria sp</i>	213	13	<i>Goethalsia meiantha</i>	40	5
<i>Verbenaceae</i>	200	12	<i>Thopis racemosa</i>	40	5
<i>Goethalsia meiantha</i>	60	4	<i>Inga sp</i>	33	4

El crecimiento de cualquier variable dendrométrica puede ser evaluado generalmente por las modificaciones del crecimiento generadas en un periodo de tiempo. Dos posibles formas de estimar estos incrementos es considerando el total de tiempo o edad que posee la masa forestal a evaluar o considerando solo el tiempo entre dos evaluaciones al cual se le conoce como incremento periódico. Para esta investigación se estimaron ambos y se compararon con los reportados en la bibliografía para bosques secundarios en condiciones similares y en la misma región (cuadro 20). El bloque I registró menor incremento de individuos en todas las clases diamétricas comparado con el bloque II, sin embargo, el incremento en diámetro fue mayor en todas las clases del bloque I con respecto al II.

**Cuadro 12.** Incrementos por categoría diamétrica para todas las especies para un periodo de 19 y 29 años, en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

	Clases diamétricas (cm)						Total (ind/ha)
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	>60	
<b>1999 (estrato I)</b>	259	20	7	7	0	0	293
<b>2018 (estrato I)</b>	440	140	40	40	20	0	680
	Incrementos (mm/año)						Promedio
<b>IMA (mm)</b>	4,9	8,6	13,8	16,4	19	0	10,4
<b>IPA (mm)</b>	4,4	8,9	9,5	6,4	0	0	4,8
<b>1999 (estrato II)</b>	426	126	40	40	7	20	659
<b>2018 (estrato II)</b>	293	160	133	27	20	13	646
	Incrementos (mm/año)						Promedio
<b>IMA (mm)</b>	4	6,6	9,4	12,6	15	18,7	11
<b>IPA (mm)</b>	2,9	4,3	5,6	4,9	0	2,3	3,3

Además del análisis estadístico descriptivo y con el fin de determinar si existen o no diferencias significativas en los valores totales y comerciales para las variables área basal (G), densidad de individuos (N), cantidad de especies (N sp) y volumen (V) se probaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y la independencia de los datos. Sin embargo, los datos no son normales ni se lograron normalizar con transformaciones, por lo que se recurrió a la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney U), donde se obtuvieron los valores presentados en el cuadro 13. Así mismo en este se presentan los p-valores obtenidos al comparar las varianzas de cada una de las variables observadas en el bosque de Florencia y su testigo respectivo con una confiabilidad del 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

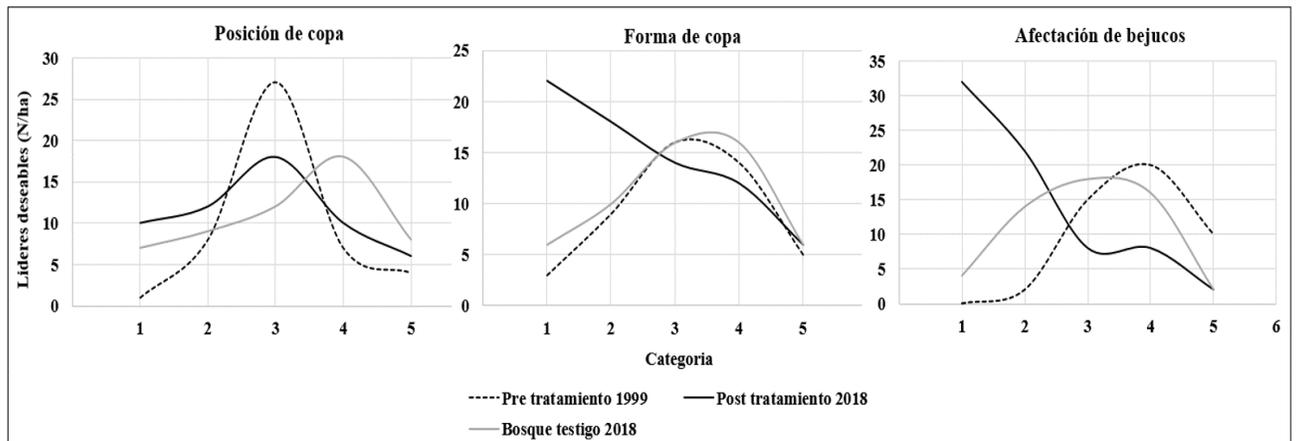
**Cuadro 13.** Valores p obtenidos al realizar la prueba U de Mann-Whitney a los valores totales y comerciales del área basal (G), densidad de individuos (N), especies observadas (Nsp) y volumen (V) para el Bloque I de Florencia, San Carlos, Costa Rica.

Sitio	Variable	Evaluated	Testigo	p-valor
Florencia	G (m <sup>2</sup> )	0,31	0,29	0,9235
	G comercial (m <sup>2</sup> )	0,18	0,17	0,871
	N	10,16	5,46	<0,0001
	N comercial	5,81	3,13	<0,0001
	Nsp	7,27	4,92	<0,0001
	Nsp comerciales	3,65	2,71	0,0056
	V (m <sup>3</sup> )	1,46	1,91	0,1142
	V comercial (m <sup>3</sup> )	0,72	1,26	0,1564

### 6.1.3 Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables del estrato I y II Florencia, San Carlos 2018.

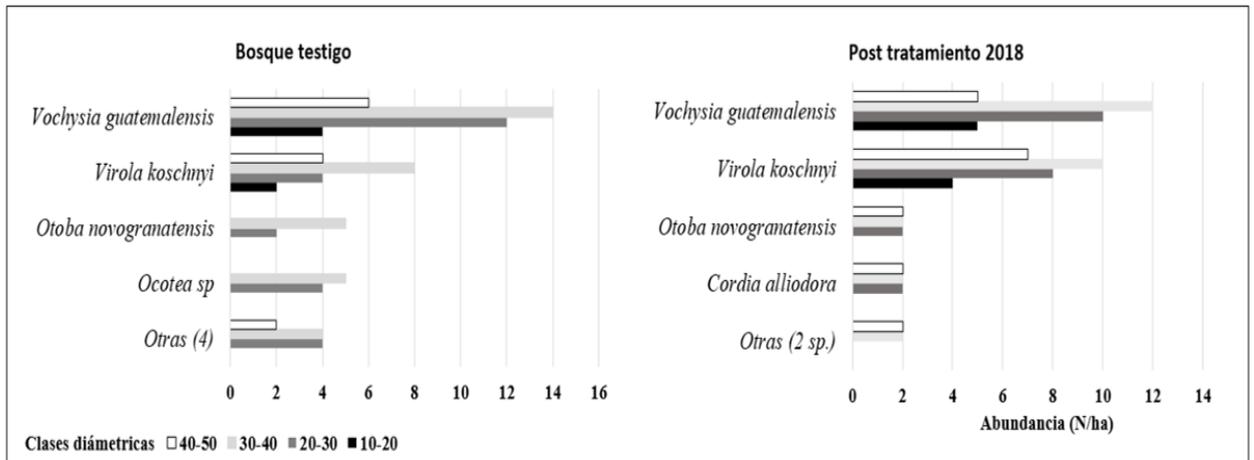
La abundancia de líderes deseables fue de 47 árboles/ha previo a la aplicación de tratamientos; las primeras dos clases diamétricas fueron las que registraron mayor cantidad individuos; 58% presenta una posición de copa en categoría 3, el 63% de los individuos registrados se encuentran con una copa 3 y 4, con respecto a la presencia de bejucos cerca del 90% se encuentra en

afectación entre 3, 4 y 5. Posterior a la aplicación de tratamientos hubo un incremento en la cantidad de líderes deseables e incrementó 72 individuos por hectárea; la posición, forma de copa y afectación por bejucos mejoró notablemente, en promedio el 62% de los individuos pasaron a las categorías 1 y 2. Por otro lado, el bosque testigo registró menor cantidad de líderes deseables en comparación con el bosque manejado (52 ind/ha), el comportamiento con respecto a la forma la posición, forma y afectación por bejucos es muy similar al del bosque sin tratar en 1999 tal como se observa en la figura 15. Por otra parte, el bloque II posee un comportamiento similar al del bloque I, este comportamiento es notable en la figura 17 donde todas las categorías según el criterio evaluado mejoraron posterior a la aplicación de los diversos tratamientos y el aumento de líderes deseables paso de 56 a 70 individuos por hectárea.

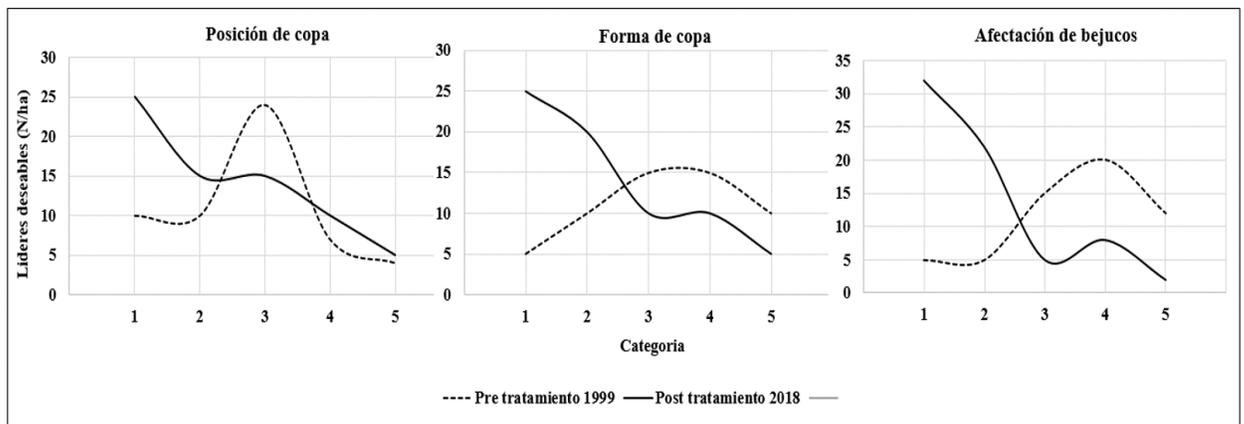


**Figura 15.** Condición de los Líderes Deseables según el año y sector evaluado. Bloque I Florencia, 2018.

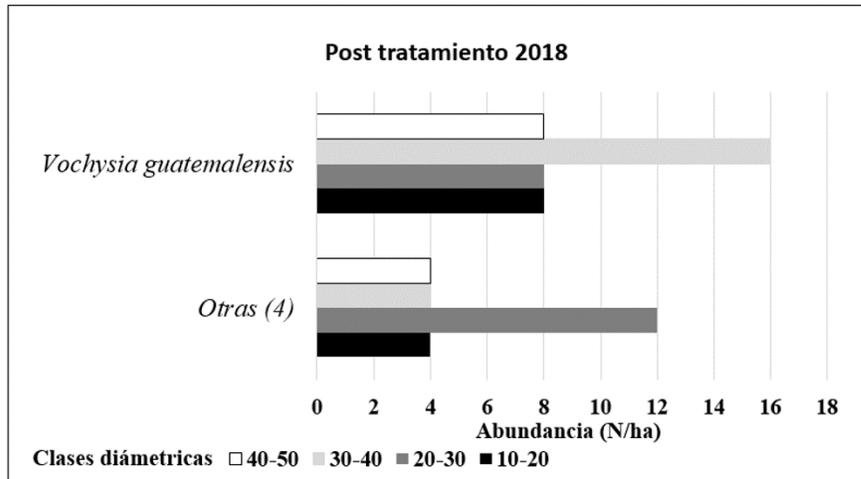
El bosque testigo del bloque I (figura 16) registró un total de 8 especies seleccionadas como líderes deseables según el muestreo diagnóstico entre la clase diamétrica de 10 a 50 cm, el 56% de estos corresponde a *Cordia alliodora* y *Virola koschnyi*, mientras que el bosque evaluado posterior a la aplicación de tratamientos silviculturales de 4 especies seleccionadas el 65% son *Vochysia guatemalensis*. El caso del bloque II (figura 18) de 6 especies seleccionadas como líderes deseables el 73% corresponden a *V. guatemalensis*.



**Figura 16.** Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.



**Figura 17.** Condición de los Líderes Deseables según el año y sector evaluado. Bloque II Florencia, 2018.

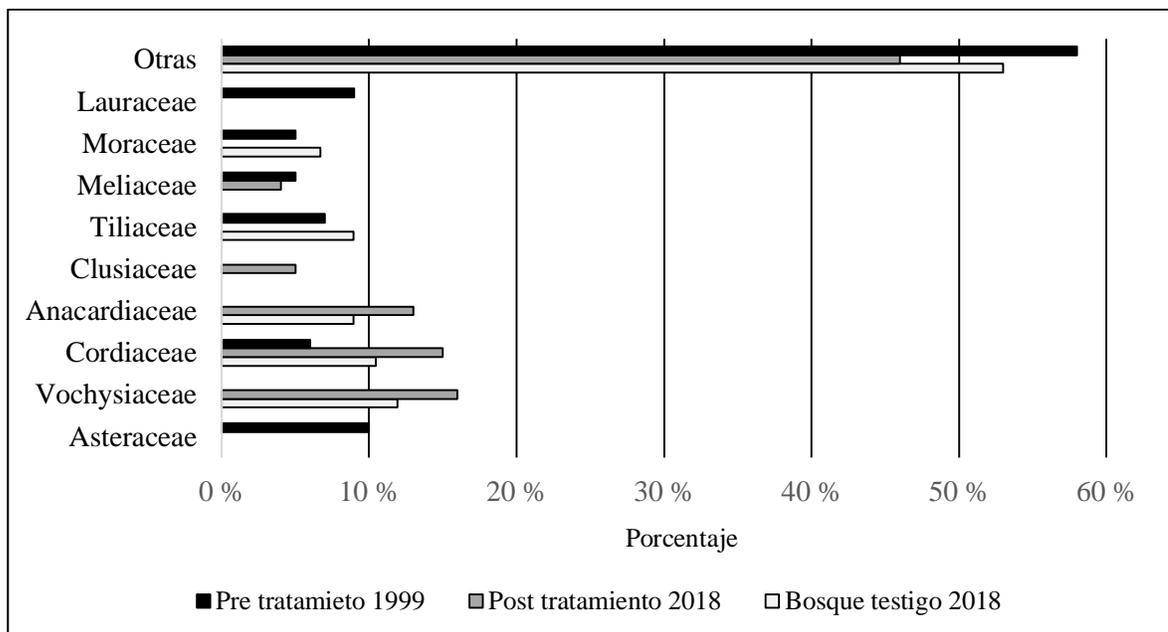


**Figura 18.** Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

## 6.2 Finca Pénjamo

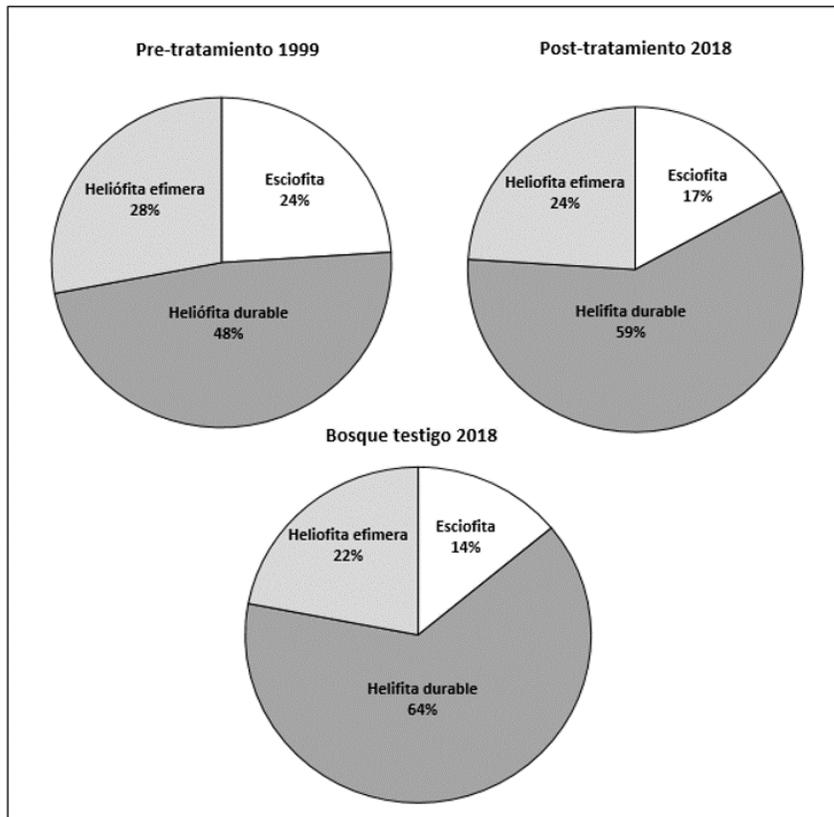
### 6.2.1 Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales. Pénjamo, San Carlos, 2018.

En el bosque de Pénjamo, se identificaron 48 especies en 1999, 38 especies en el 2018 posterior a la aplicación de tratamientos y 67 especies en el bosque testigo, así mismo estas especies, están representadas por 35 familias en 1999, 27 en el 2018 y 37 en el bosque testigo. La familia Lauraceae y Asteraceae fueron las de mayor abundancia previa a aplicación de los tratamientos silviculturales (22%). Posterior a la aplicación de tratamientos Vochysiaceae y Cordiaceae presentan la mayor abundancia con un 16% cada una. El bosque testigo registró también a estas dos familias como las de mayor abundancia (figura 19).



**Figura 19.** Familias más abundantes (%) en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

En cuanto a los grupos ecológicos en el bosque secundario de Pénjamo, en 1999 de las 48 especies identificadas, 14 pertenecían al grupo de heliófitas efímeras (HE) y de ellas la más abundante fue *Cecropia peltata*; el grupo de las heliófitas durables (HD) presento 23 especies, siendo la más abundante *Goethalsia meiantha* e *Inga sp.* y 11 especies fueron esciófitas (ES), donde *Otoba novogranatensis* fue la principal. Posterior a la aplicación de tratamientos de 38 especies identificadas, 10 especies fueron HE con un 41% (figura 20) siendo la más abundante *Pouroma bicolor*, 22 especies registradas en el gremio ecológico de HD con *Vochysia guatemalensis* y *Goethalsia meiantha* como las especies de mayor abundancia y 6 especies ES como *Otoba novogranatensis* y *Brosimum alicastrum* las especies de mayor cantidad. Para el caso del bosque testigo, las especies con mayor incidencia en HE fueron *Hampea appendiculata* y *Cecropia peltata* mientras que las HD fue encabezada por *V. guatemalensis* y *Virola sebifera* y el gremio de las ES las especies con mayor registro fue *Ocotea sp.* y *Brosimum alicastrum*.



**Figura 20.** Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

El cálculo del IVI muestra las 10 especies con los mayores índices para cada caso (cuadro 16). De acuerdo con los resultados, del total de especies registradas previo a la aplicación de tratamientos las primeras 10 equivalen a casi el 52% del valor total de IVI, dentro de las cuales *Goethalsia meiantha* presenta un índice más elevado. Posterior a la aplicación de tratamientos, las primeras 10 especies registradas equivalen 56% del total y la especie con mayor IVI fue *Vochysia guatemalensis* con casi un 15%. Así mismo, en el bosque testigo el 46% del IVI está representado por las 10 primeras especies, siendo también *Vochysia guatemalensis* la que obtuvo el mayor valor.

Según el índice de Bray Curits (cuadro 14) la similaridad entre el bosque previo a la aplicación de tratamientos, posterior a estos y el bosque testigo es de 0,35 presentando diferencias significativas entre los sitios ( $P=0,001$ ) (95% IC). A modo general una de las principales especies que se comparte es *Vochysia guatemalensis* con un 31% *Goethalsia meiantha* 26%.

**Cuadro 14.** Índice de similaridad de Bray Curtis entre el pre-tratamiento, post.-tratamiento y bosque testigo de Pénjamo, San Carlos, 2018.

Bosque	Pre tratamiento	Post tratamiento	Testigo
Pre tratamiento			
Post tratamiento	0,47		
Testigo	0,41	0,6	

De igual forma que en el bloque I de Florencia el cuadro 15 se presenta los resultados obtenidos al calcular los seis estimadores para las especies comerciales y totales presentes en Pénjamo, así como el índice de completitud respectivo a cada estimador.

**Cuadro 15.** Valores de riqueza estimada (Rest) e índice de completitud (C) para diferentes estimadores de acuerdo a la cantidad de especies comerciales y totales presentes en Pénjamo, San Carlos, Costa Rica.

Sitio	Clasificación	Estimador	Evaluado		Testigo	
			Rest	C (%)	Rest	C (%)
Pénjamo	Especies comerciales	S <sub>obs</sub>	27		26	
		ACE	37	73,89	33	79,7
		Chao 1	35	77,03	29	89,5
		Chao 2	35	77,36	29	89,7
		Jack 1	36	75,46	33	79,2
		Jack 2	40	68,01	32	81,1
	Especies totales	Bootstrap	31	86,65	30	87,5
		S <sub>ob</sub>	60		57	
		ACE	87	69,03	88	64,7
		Chao 1	89	67,66	86	66,5
		Chao 2	83	71,93	83	69,1
		Jack 1	83	71,93	80	70,9
		Jack 2	95	63,08	93	61,3
		Bootstrap	71	84,87	67	84,5

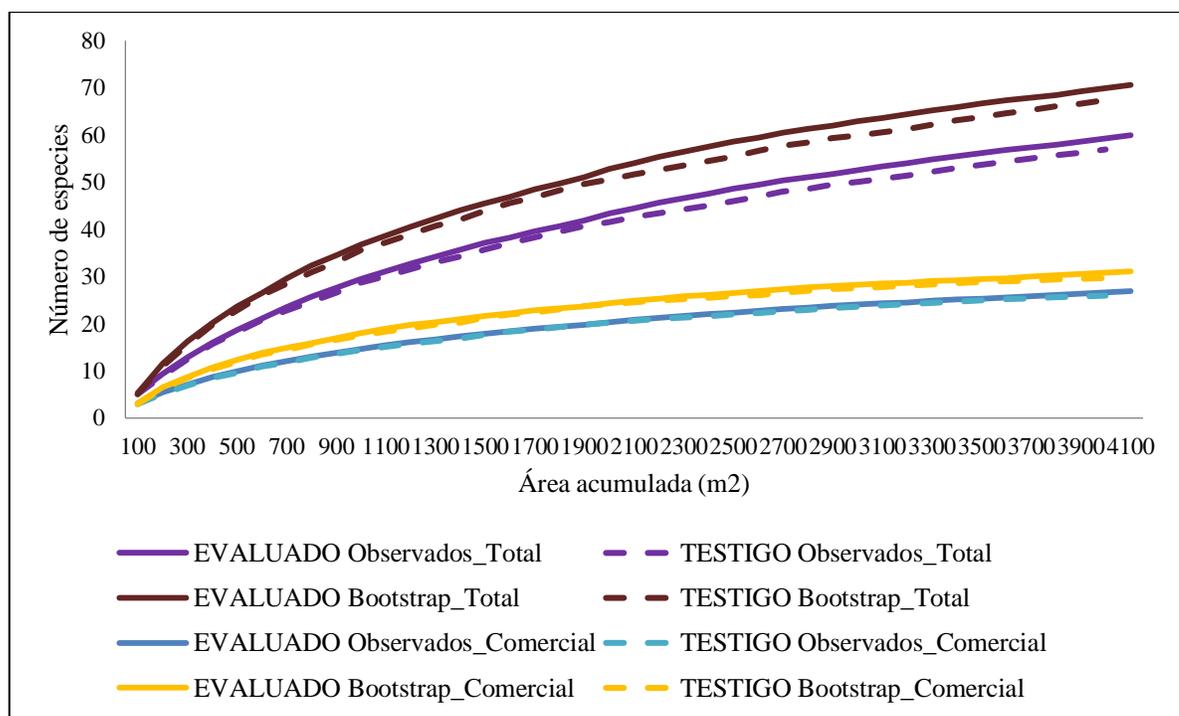
**Cuadro 16.** Abundancia, dominancia, frecuencia, IVI en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

Pre-tratamiento 1999								
Especies	Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
<i>Goethalsia meiantha</i>		15	16,85	1,06	23,8	0,67	4,08	44,73
<i>Virola koschnyi</i>		12	13,48	0,4	9,04	1	6,12	28,64
<i>Cordia alliodora</i>		10	11,24	0,47	10,62	1	6,12	27,98
<i>Apeiba membranacea</i>		3	3,37	0,24	5,47	0,67	4,08	12,92
<i>Vochysia guatemalensis</i>		2	2,25	0,17	3,81	0,67	4,08	10,14
<i>Miconia sp</i>		1	1,12	0,29	6,55	0,33	2,04	9,71
<i>Otoba novogranatensis</i>		3	3,37	0,09	1,97	0,67	4,08	9,42
<i>Inga sp</i>		2	2,25	0,2	4,55	0,33	2,04	8,84
<i>Cecropia peltata</i>		3	3,37	0,05	1,11	0,67	4,08	8,56
<i>Ocotea sp</i>		3	3,37	0,05	1,04	0,67	4,08	8,49
<b>Subtotal 10 especies</b>		<b>54</b>	<b>60,67</b>	<b>3,02</b>	<b>67,96</b>	<b>6,68</b>	<b>40,8</b>	<b>169,4</b>
<b>Subtotal 26 especies</b>		<b>35</b>	<b>39,33</b>	<b>1,43</b>	<b>32,04</b>	<b>9,67</b>	<b>59,2</b>	<b>130,6</b>
<b>Total 36 especies</b>		<b>89</b>	<b>100</b>	<b>4,45</b>	<b>100</b>	<b>16,35</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
Post-cosecha 2018								
<i>Vochysia guatemalensis</i>		6	8,11	0,29	8,12	1	6,12	22,35
<i>Virola koschnyi</i>		7	9,46	0,18	5,22	0,67	4,08	18,76
<i>Ocotea sp</i>		4	5,41	0,26	7,23	0,67	4,08	16,72
<i>Trichilia sp</i>		2	2,7	0,33	9,39	0,67	4,08	16,17
<i>Rollinia pittieri</i>		4	5,41	0,3	8,56	0,33	2,04	16,01
<i>Guarea grandifolia</i>		5	6,76	0,07	1,85	1	6,12	14,73
<i>Goethalsia meiantha</i>		4	5,41	0,24	6,67	0,33	2,04	14,12
<i>Mauria heterophylla</i>		3	4,05	0,21	5,84	0,67	4,08	13,97
<i>Dendropanax arboreus</i>		4	5,41	0,07	2,02	0,67	4,08	11,51
<i>Licania sp</i>		1	1,35	0,29	8,09	0,33	2,04	11,48
<b>Subtotal 10 especies</b>		<b>40</b>	<b>54,07</b>	<b>2,24</b>	<b>62,99</b>	<b>6,34</b>	<b>38,76</b>	<b>155,8</b>
<b>Subtotal 28 especies</b>		<b>34</b>	<b>45,93</b>	<b>1,31</b>	<b>37,01</b>	<b>10</b>	<b>61,24</b>	<b>144,2</b>
<b>Total 38 especies</b>		<b>74</b>	<b>100</b>	<b>3,55</b>	<b>100</b>	<b>16,34</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
Bosque testigo 2018								
<i>Vochysia guatemalensis</i>		13	9,7	1,17	16,66	0,6	3,45	29,81
<i>Virola koschnyi</i>		12	8,96	0,51	7,34	1	5,75	22,05
<i>Inga sp</i>		9	6,72	0,5	7,12	1	5,75	19,59
<i>Trichospermum galeottii</i>		12	8,96	0,31	4,4	0,8	4,6	17,96
<i>Ficus sp</i>		4	2,99	0,28	4,07	0,4	2,3	9,36
<i>Sapium glandulosum</i>		4	2,99	0,16	2,34	0,6	3,45	8,78
<i>Luehea seemannii</i>		4	2,99	0,14	1,93	0,6	3,45	8,37
<i>Ocotea sp</i>		3	2,24	0,18	2,62	0,6	3,45	8,31
<i>Protium panamense</i>		4	2,99	0,05	0,68	0,6	3,45	7,12
<i>Dendropanax arboreus</i>		2	1,49	0,22	3,21	0,4	2,3	7
<b>Subtotal 10 especies</b>		<b>67</b>	<b>50,03</b>	<b>3,52</b>	<b>50,37</b>	<b>6,6</b>	<b>37,95</b>	<b>138,4</b>
<b>Subtotal 46 especies</b>		<b>67</b>	<b>49,97</b>	<b>3,47</b>	<b>49,63</b>	<b>10,8</b>	<b>62,05</b>	<b>161,7</b>
<b>Total 56 especies</b>		<b>134</b>	<b>100</b>	<b>6,99</b>	<b>100</b>	<b>17,4</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Cuadro 17.** Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Pénjamo, San Carlos, 2018.

Índices	Pre tratamiento 1999	Post tratamiento 2018	Bosque Testigo
Simpson	0,93	0,96	0,96
Shannon	3,12	3,38	3,58
Czekanowski	1,89	1,14	1,15
Cociente de mezcla	2 ind./esp. Disf.	2 ind./esp. Disf.	3 ind./esp. Disf.

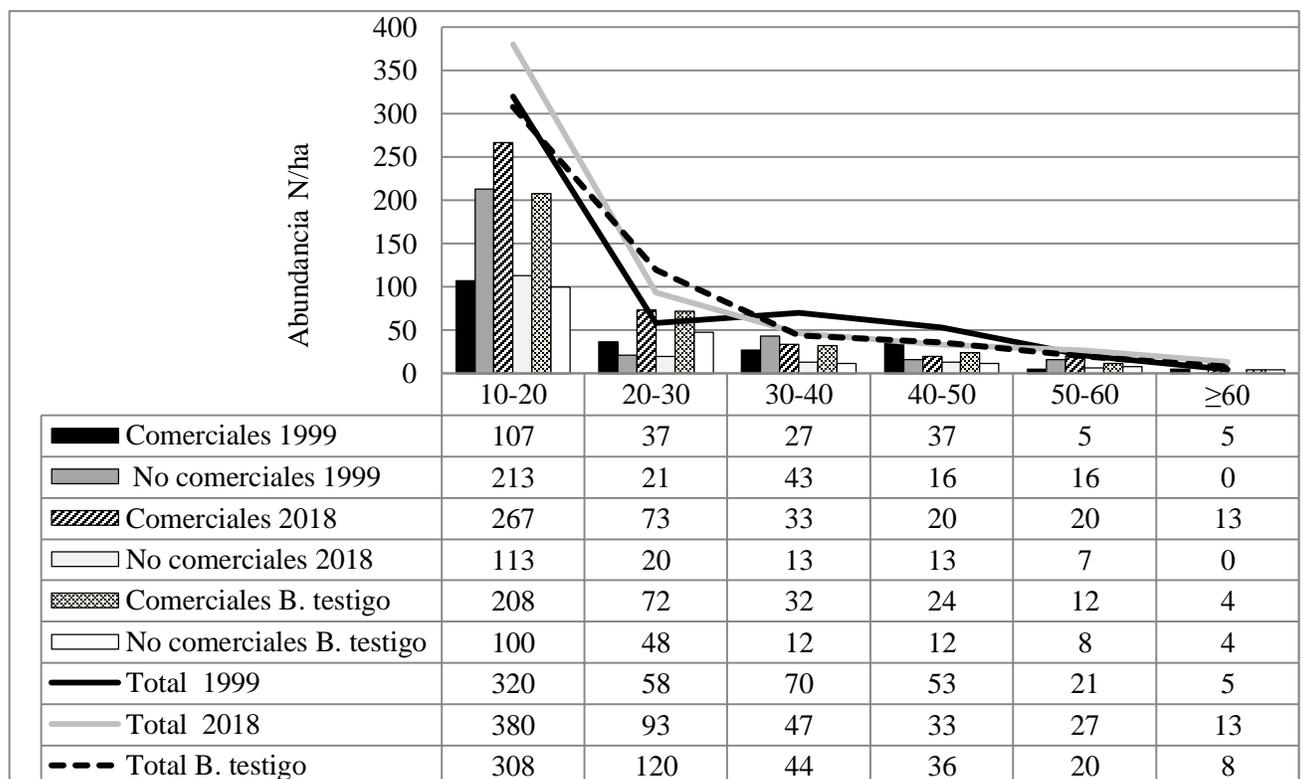
En la figura 21 se presenta la curva de acumulación de especies comerciales y totales para el bosque secundario y su testigo en Pénjamo. En el caso de las especies comerciales no hay diferencias significativas, tanto el bosque evaluado posterior a la aplicación de tratamientos como el testigo presenta el mismo comportamiento en las curvas de acumulación de especies. Por otra parte, los totales no reflejan diferencias significativas.



**Figura 21.** Curva de acumulación de especies comerciales y totales por área, de acuerdo al número de especies observadas y estimadas con el índice de Bootstrap para un bosque secundario evaluado y su testigo en Pénjamo, Florencia, San Carlos, Costa Rica.

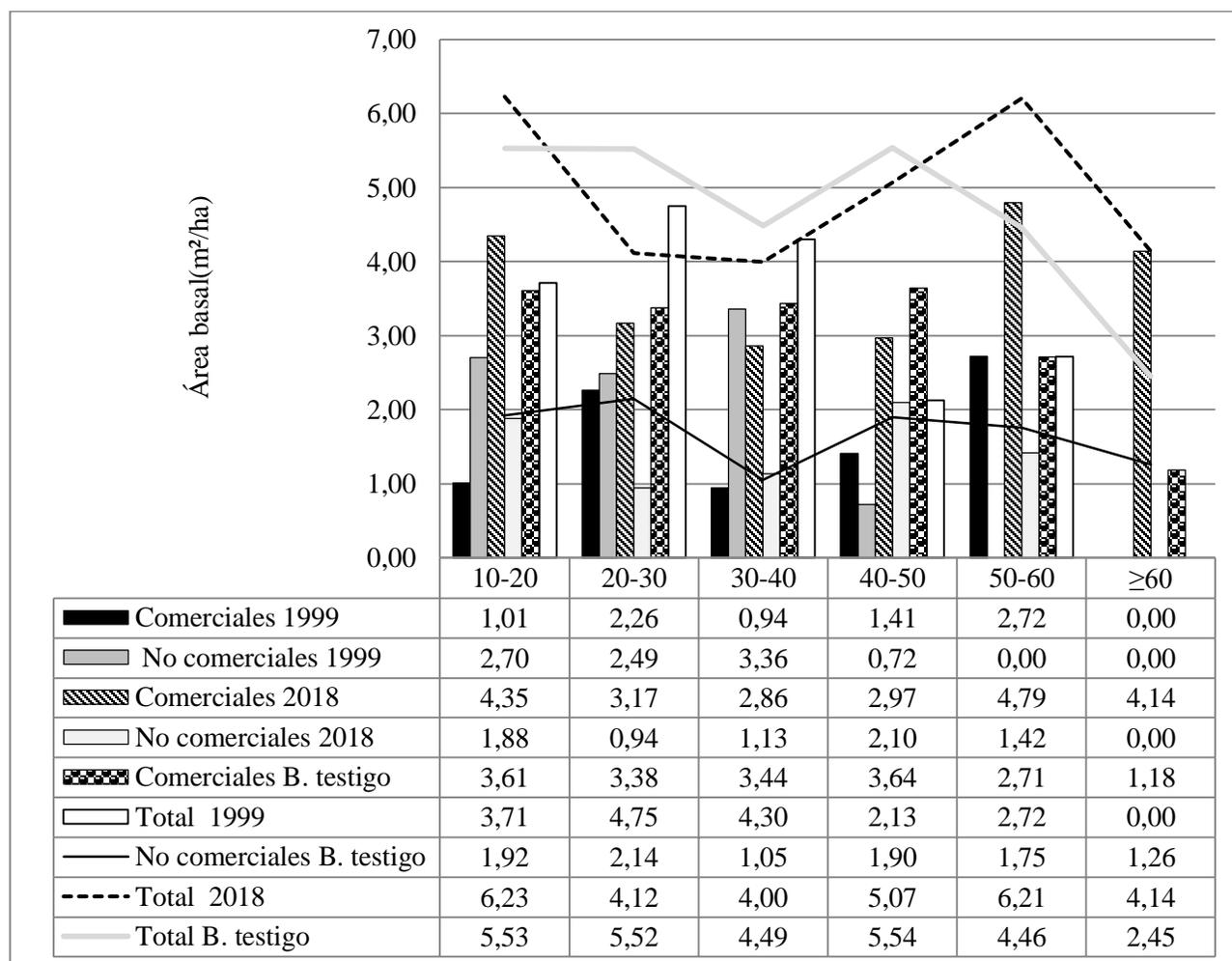
### 6.2.2 Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Pénjamo, San Carlos, 2018.

Los resultados para el bosque en Pénjamo presentaron diferencias significativas en la abundancia de especies comerciales en todas categorías diamétricas antes y después de la aplicación de tratamientos, se registró un total de 218 individuos en 1999, posteriormente en el 2018 incremento a 426 individuos comparados con el bosque testigo que registró un total 352. Las especies comerciales incrementaron en todas las categorías, así mismo el bosque manejado presenta un comportamiento similar al bosque testigo en todas las clases (figura 22). Las especies comerciales incrementaron un 30% posterior a la aplicación de tratamientos y comparado con el bosque testigo el bosque manejado posee un 5% más de especies comerciales. En términos de abundancia total el comportamiento fue muy similar en todas las clases diamétricas con una distribución de “J” invertida.



**Figura 22.** Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

El área basal comercial representó el 47% previo a los tratamientos silvícolas, posterior a estos pasó a un 75%. El bosque manejado con respecto al bosque testigo incremento su área basal comercial en 11%. Las especies comerciales en el bosque manejado se vieron favorecidas en todas las categorías diamétricas comparado con 1999 donde era mayor el área basal no comercial (figura 23). Por otra parte las categorías diamétricas que más incrementaron comparado en 1999 y con el bosque testigo fue la clase de 50-60 cm y mayor a 60 cm, comparando con la tendencia de 1999 donde había una disminución hacia las clases diamétricas mayores.



**Figura 23.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

El volumen comercial (cuadro 18) en 1999 era de apenas un 20%, posterior a la aplicación de tratamientos este paso a un 62%, el bosque testigo registró 69 % de su volumen en especies comerciales. A pesar del incremento posterior a la aplicación de tratamientos el bosque testigo mantiene mayor volumen comercial.

**Cuadro 18.** Cambios de volumen en especies comerciales del bosque secundario de Pénjamo, San Carlos, 2018.

Bosque evaluado	Volumen m <sup>3</sup> /ha
Bosque pre tratamiento 1999	38,9
Bosque post tratamiento 2018	191,1
Bosque testigo 2018	197,4

De las 48 especies identificadas previo a la aplicación de tratamientos, 12 fueron comerciales donde la de mayor porcentaje de abundancia fue para *Cordia alliodora* y 36 especies no comerciales con *Goethalsia meiantha* como la especie más abundante (cuadro 19). Posterior a la aplicación de tratamientos se tuvo 25 especies comerciales, lideradas por *Vochysia guatemalensis* y 13 especies no comerciales como *Trichilia sp.* El bosque testigo registró un total de 37 especies comerciales y 30 no comerciales donde *Virola koschnyi* e *Inga sp.* fueron las de mayor abundancia respectivamente. Porcentualmente el bosque manejado fue el que registro mayor incremento de especies comerciales con un 66% comparado con el bosque testigo con 55% de especies comerciales.

**Cuadro 19.** Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

Años								
Pre-tratamiento 1999			Post-tratamiento 2018			Bosque testigo 2018		
Comerciales								
Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)
<i>Cordia alliodora</i>	67	5	<i>Vochysia guatemalensis</i>	100	17	<i>Virola koschnyi</i>	80	27
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	60	4	<i>Virola koschnyi</i>	80	13	<i>Vochysia guatemalensis</i>	40	9
<i>Vochysia guatemalensis</i>	47	3	<i>Ocotea sp.</i>	67	11	<i>Dendropanax arboreus</i>	32	7
			<i>Dendropanax arboreus</i>	20	3	<i>Ocotea sp.</i>	20	6
Pre-tratamiento 1999			Post-tratamiento 2018			Bosque testigo 2018		
No comerciales								
<i>Goethalsia meiantha</i>	353	25	<i>Trichilia sp.</i>	20	3	<i>Inga sp.</i>	16	3
<i>Vismia ferruginea</i>	200	14	<i>Inga sp.</i>	13	2	<i>Pourouma bicolor</i>	12	2
<i>Miconia argentea</i>	87	6	<i>Rollinia pittieri</i>	13	2	<i>Rollinia pittieri</i>	12	2
			<i>Simaruba glauca</i>	13	2	<i>Simaruba glauca</i>	12	2

De la misma forma que en el bosque de Florencia se estimó el incremento medio anual y el incremento periódico anual (cuadro 20) con el fin de compararlo con valores de bosques secundarios en la zona según estudios documentados.

**Cuadro 20.** Incremento por categoría diamétrica para un periodo de 18 años, en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

Año	Categoría diamétrica (cm)						Total (ind./ha)
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	>60	
Pre tratamiento 1999	320	58	70	53	21	5	527
Post tratamiento 2018	367	80	53	33	27	20	580
	Incremento (mm/año)						Promedio (mm)
IMA (mm)	5,4	9,4	13,5	16,7	21	25,7	15,2
IPA (mm)	7,1	11,2	4,3	7,3	2,9	0	5,4

De igual manera que para el bloque I de Florencia con el fin de determinar si existen o no diferencias significativas en los valores totales y comerciales para las variables área basal (G), densidad de individuos (N), cantidad de especies (N sp) y volumen (V) también se probaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y la independencia de los datos. Sin embargo, se recurrió a la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney U), donde se obtuvieron los valores presentados en el cuadro 21. Del mismo modo se presentan los p-valores

obtenidos al comparar las varianzas de cada una de las variables observadas en el bosque de Florencia y su testigo respectivo con una confiabilidad del 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

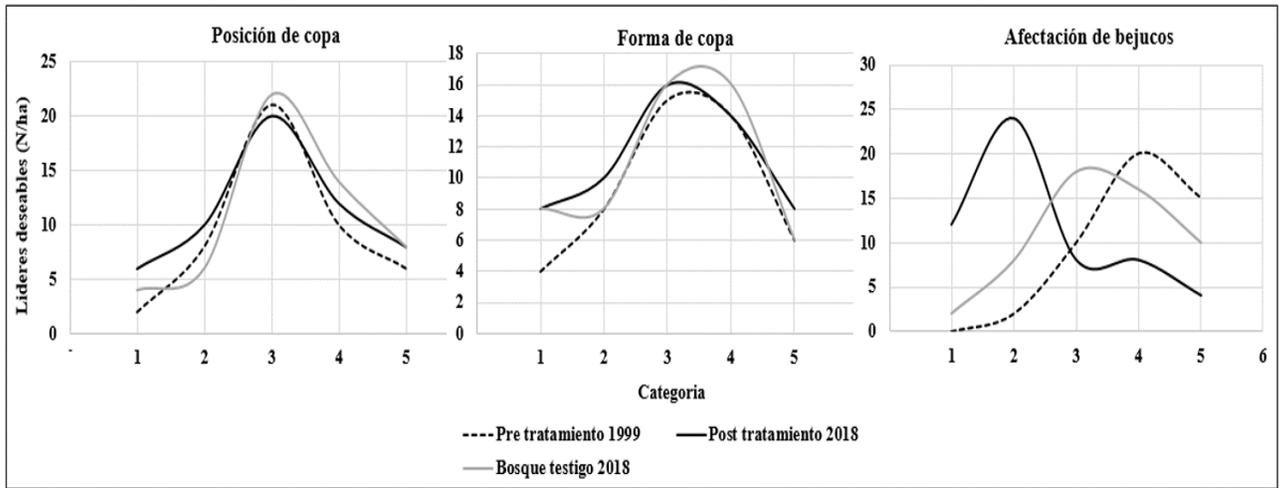
**Cuadro 21.** Valores p obtenidos al realizar la prueba U de Mann-Whitney a los valores totales y comerciales del área basal (G), densidad de individuos (N), especies observadas (Nsp) y volumen (V) para Pénjamo, San Carlos, Costa Rica.

Sitio	Variable	Evaluated	Testigo	p-valor
Pénjamo	G (m <sup>2</sup> )	0,28	0,31	0,7696
	G comercial (m <sup>2</sup> )	0,18	0,2	0,533
	N	5,93	5,8	0,8673
	N comercial	3,68	3,73	0,8022
	N especies	5,1	4,93	0,8438
	N especies comerciales	3	2,98	0,9419
	V (m <sup>3</sup> )	1,26	1,51	0,4728
	V comercial (m <sup>3</sup> )	0,95	1,13	0,7267

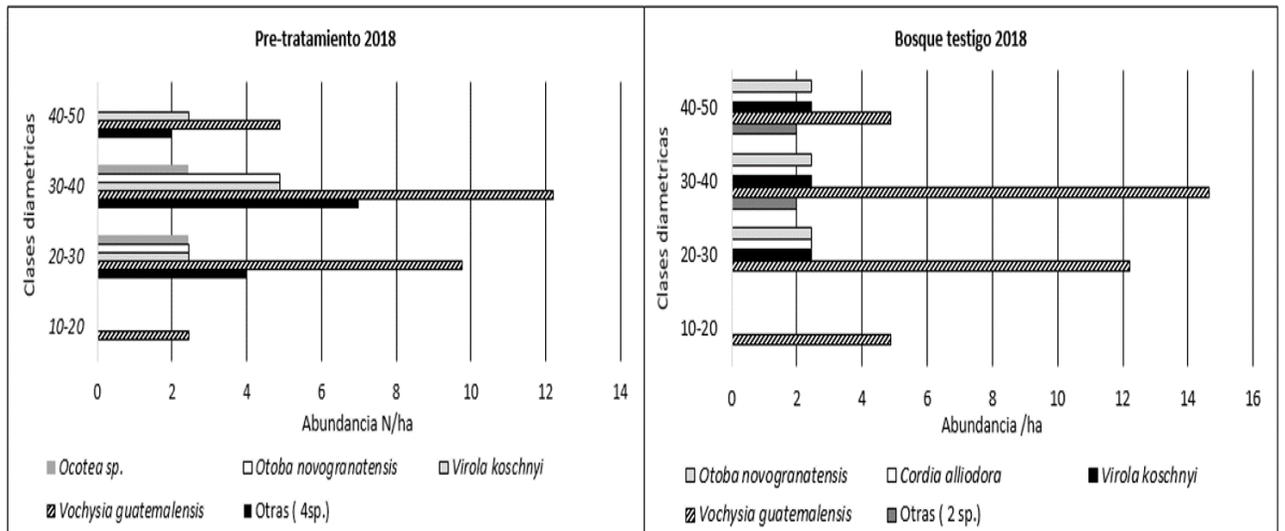
### 6.2.3 Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables. Pénjamo, San Carlos, 2018.

Existe una abundancia de 47 líderes deseables por hectárea previo a la aplicación de tratamientos; las primeras tres clases diamétricas fueron las únicas que registran individuos; el 60% presenta una posición de copa en categoría 3, el 68% de los individuos registrados se encuentran con una copa 3 y 4, con respecto a la presencia de bejucos y la categoría 4 fue la que mayor incidencia tuvo. Posterior a la aplicación de tratamiento incrementó la cantidad de líderes deseables (56 ind/ha) en todas las categorías diamétricas comparado con la evaluación de 1999 y el bosque testigo que registro 54 individuos por hectárea. En general el bosque posteriormente tratado y el testigo mantienen una cantidad muy similar de LD; así mismo la categorización con respecto a posición y forma de copa mantiene el mismo comportamiento y presencia de bejucos mejor (figura 24).

Según la distribución diamétrica de los deseables sobresalientes, *Vochysia ferruginea* se encuentra en todas las categorías tanto en el bosque manejado, como en el testigo su patrón de distribución es muy similar. En el bosque evaluado se consideraron 8 especies y en bosque testigo 6 (figura 25).



**Figura 24.** Condición de los Líderes Deseables según el año y sector evaluado. Pénjamo, 2018.



**Figura 25.** Distribución diamétrica (cm) y cantidad de líderes deseables encontrados por especie en el bosque secundario de Pénjamo, Florencia, San Carlos, 2018.

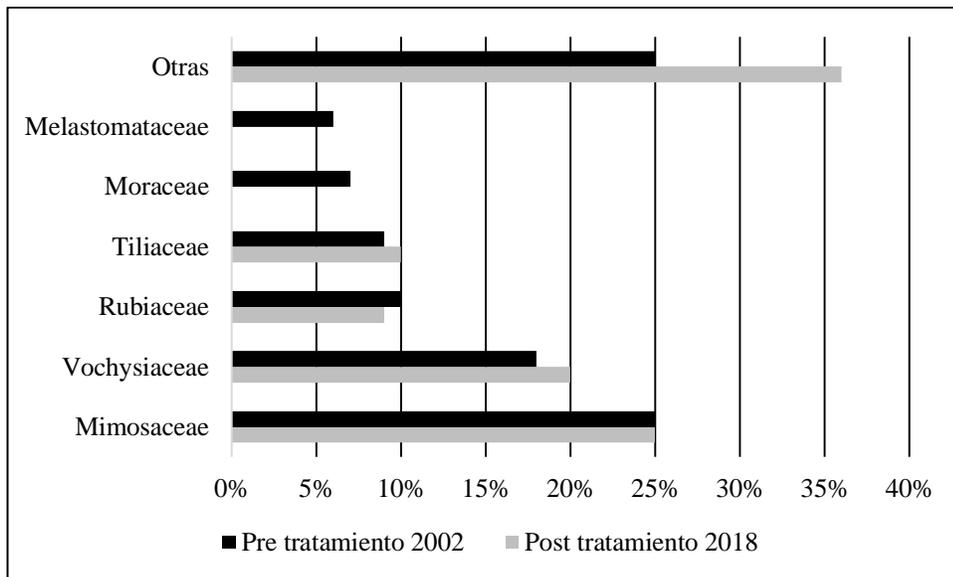
### **6.3 Finca Coope San Juan**

#### **6.3.1 Cambios en composición florística del bosque por efecto de los tratamientos silviculturales: bloque I y II, Coope San Juan, San Carlos, 2018.**

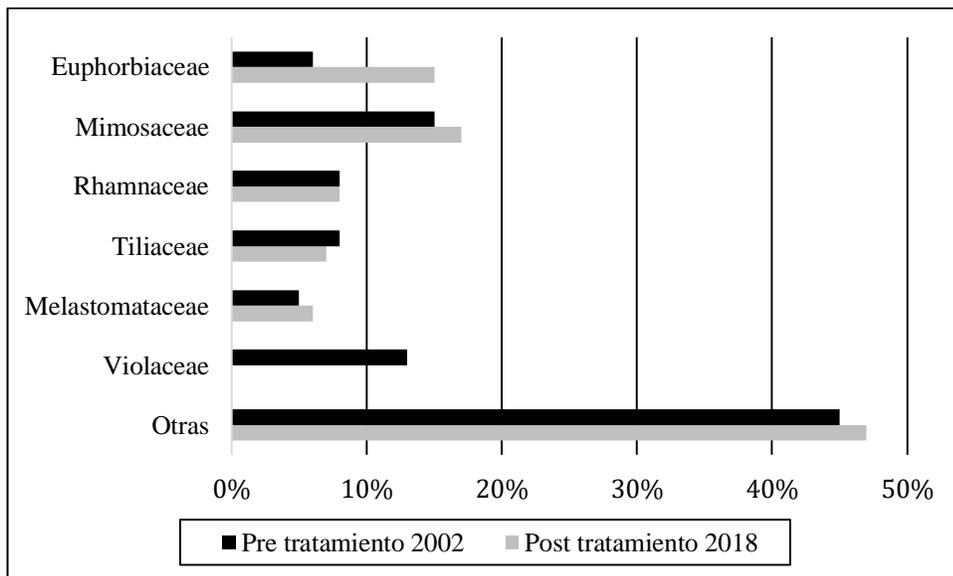
Es importante mencionar que el bloque III fue descartado del análisis de los datos debido a que al momento de la evaluación de campo y re medición de las unidades de muestreo el bosque fue intervenido, por lo tanto, la información resultante sería sesgada. El bloque I y II si fueron evaluados en las visitas de campo obteniendo los resultados a continuación:

En el bloque I, se identificaron 33 especies en 2002 y 32 especies en el 2018 posterior a la aplicación de tratamientos, así mismo estas especies, están representadas por 21 familias en 2002 y 23 en el 2018. La familia Mimosaceae fue la que mayor abundancia registró antes y después del tratamiento aplicado, ambos periodos con un 25% respecto al total (figura 26).

Para el caso del bloque II, en el 2002 se registró un total de 42 especies representada por 34 familias. La familia Verbenaceae fue que presentó la mayor abundancia (25%); por su parte en el 2018 se registró un total de 53 especies y 30 familias. La familia más abundante fue Vochysiaceae con un 38% de abundancia (figura 27).

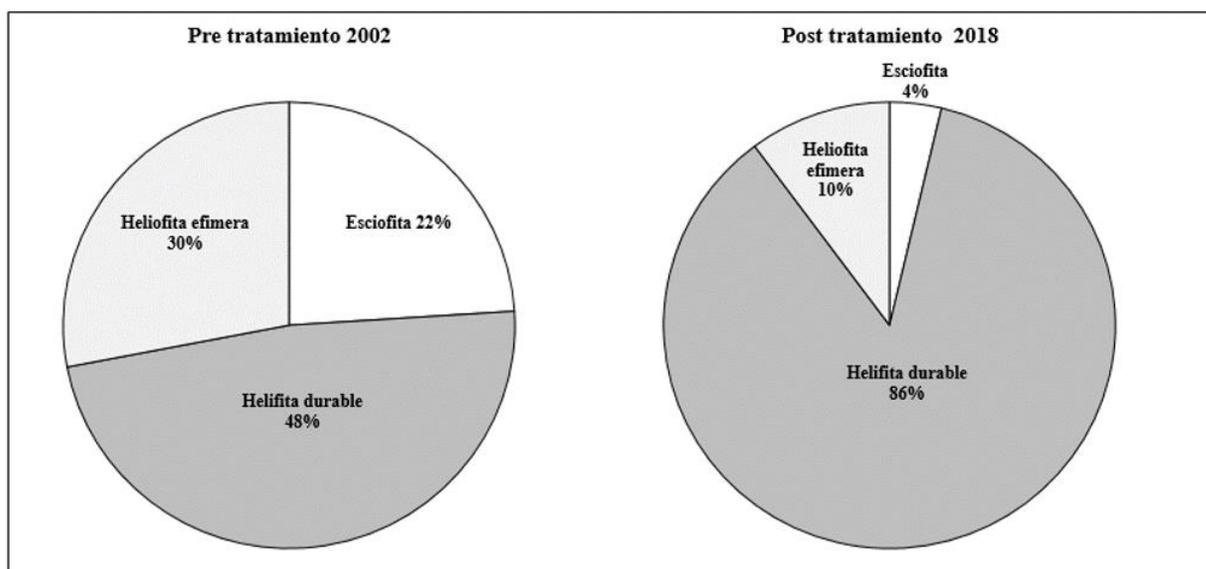


**Figura 26.** Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato I), Coope San Juan, San Carlos, 2018.

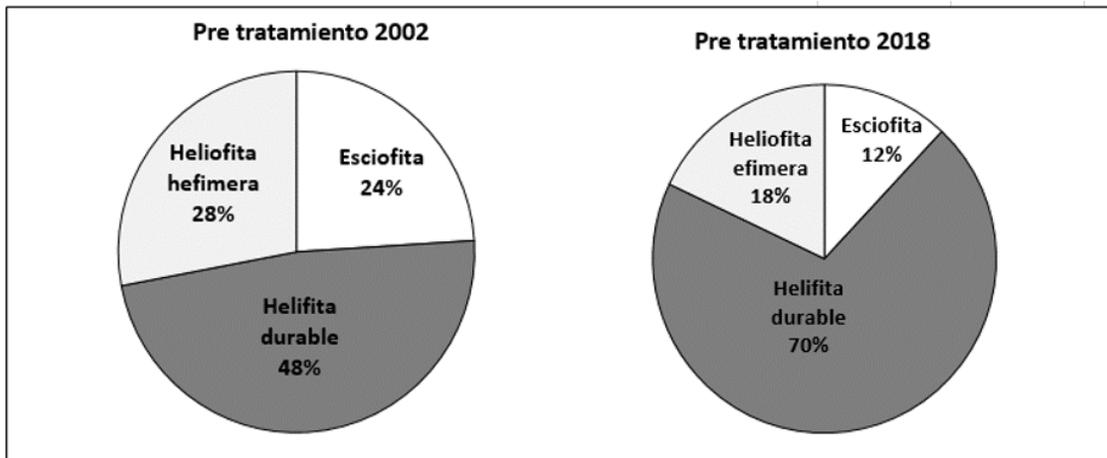


**Figura 27.** Familias más abundantes (%) en el bosque secundario (estrato II), Coope San Juan, San Carlos, 2018.

En cuanto a los grupos ecológicos, en 2002, de las 33 especies identificadas en el estrato I, 9 pertenecían al grupo de heliófitas efímeras (HE), la más abundante fue *Cecropia peltata*, el grupo de las heliófitas durables (HD) con un 48% (figura 28) presento 16 especies, siendo las más abundante *Goethalsia meiantha* y *Castilla elastica*, 8 especies fueron esciófitas (ES), donde *Pouteria sp.* y *Virola sebifera* fueron las más abundantes. En el estrato II, de las 42 especies identificadas 15 especies fueron del grupo de las HE con un 42% (figura 29) siendo la más abundante también *Cecropia peltata*, 21 especies HD con *Apeiba membranacea* y *Colubrina spinosa* como las más abundantes y 6 especies ES con *Sorocea pubivena* y *Virola sebifera*. En el 2018 (figura 28) posterior a la aplicación de tratamientos en el bloque I las especies del grupo HE cambiaron con *Psychotria sp.* como la más abundante junto con *Cecropia peltata*. Para el caso de HD, *Vochysia guatemalensis* y *Pentaclethra macroloba* fueron las de mayor abundancia, y para las ES *Maquira costaricana* fue la más abundante. En el bloque II, *Colubrina spinosa* fue la más abundante para HE, en el caso de HD y ES las más abundantes para el primer grupo fueron *V. guatemalensis* y *P. macroloba*, para el segundo grupo fue *Acidoton nicaraguensis*.



**Figura 28.** Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.



**Figura 29.** Grupos ecológicos (%) para las especies en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

Dentro de las características generales de la estructura horizontal el Índice de Valor de Importancia (IVI) busca establecer una jerarquía a partir de una abundancia, frecuencia y dominancia de cada una de las especies encontradas, lo que hace posible comparar el peso ecológico de cada especie (Monge, 2000).

El cálculo del IVI se realizó de forma conjunta de acuerdo al muestreo de los bloques de bosque, para el bosque del bloque I previo y posterior a la aplicación de tratamientos. Así mismo para el bloque II previo y posterior a la aplicación de tratamientos (cuadro 22). Para cada caso se extrajeron las 10 especies con los mayores índices. De acuerdo con los resultados, en el bloque I previo a la aplicación de tratamientos se analizaron un total de 33 especies, de las cuales las primeras 10 equivalen al 79 % del valor total de IVI, dentro de las cuales *V. guatemalensis* presenta un índice más elevado. Posterior a la aplicación de tratamientos en el 2018, se registró un total de 32 especies, las primeras 10 registradas aumentaron al 80% del total y continuó siendo *V. guatemalensis* con un 24,5% la de mayor IVI.

Para el caso del bloque II (cuadro 23), previo a la aplicación de tratamientos silviculturales se registró un total de 42 especies, las 10 primeras representan el 42,5% del total del IVI y la que

mayor índice obtuvo fue *Acidoton nicaraguensis* con un 7,8 %. Posterior a los tratamientos, el registro total fue de 53 especies, donde las primeras 10 incrementaron la representación del total registrado con un 42% del total, con *P. maculosa* como la principal con un IVI de 7,7 %.

**Cuadro 22 .** Abundancia, dominancia, frecuencia e IVI en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas , San Carlos, 2018.

<b>Pre tratamiento 2002</b>							
<b>Especie</b>	<b>Abun Abs.</b>	<b>Abun (%)</b>	<b>Dom G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Dom (%)</b>	<b>Frec</b>	<b>Frec (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Vochysia guatemalensis</i>	14	20,5	10,92	31,03	29	21,17	72,67
<i>Pentaclethra maculosa</i>	12	17,3	6,02	17,09	27	19,71	54,12
<i>Inga sp</i>	10	6,3	4,86	13,81	8	5,84	25,95
<i>Psychotria sp</i>	8	6,3	3,33	9,46	7	5,11	20,87
<i>Castilla elastica</i>	4	5,5	0,35	0,99	11	8,03	14,53
<i>Goethalsia meiantha</i>	4	5,5	2,17	6,18	7	5,11	16,80
<i>Senna sp</i>	4	3,9	0,67	1,91	5	3,65	9,50
<i>Cecropia sp</i>	3	3,1	0,95	2,70	4	2,92	8,77
<i>Luehea seemannii</i>	3	3,1	0,83	2,36	3	2,19	7,70
<i>Apeiba tibourbou</i>	3	2,4	1,18	3,36	2	1,46	7,18
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>65</b>	<b>74,0</b>	<b>31,29</b>	<b>88,89</b>	<b>103</b>	<b>75,18</b>	<b>238,09</b>
<b>Subtotal 23 especies</b>	<b>39</b>	<b>26,0</b>	<b>3,91</b>	<b>11,11</b>	<b>34</b>	<b>24,82</b>	<b>61,91</b>
<b>Total 33 especies</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>35,20</b>	<b>100</b>	<b>137</b>	<b>100</b>	<b>300,00</b>
<b>Post tratamiento 2018</b>							
<i>Vochysia guatemalensis</i>	18	21,3	10,92	31,03	29	21,32	73,67
<i>Pentaclethra maculosa</i>	17	19,9	6,02	17,09	27	19,85	56,80
<i>Inga sp</i>	12	5,9	4,86	13,81	8	5,88	25,57
<i>Goethalsia meiantha</i>	10	5,1	3,33	9,46	7	5,15	19,75
<i>Psychotria sp</i>	8	8,1	0,35	0,99	11	8,09	17,16
<i>Castilla elastica</i>	6	5,1	2,17	6,18	7	5,15	16,47
<i>Senna sp</i>	4	3,7	0,67	1,91	5	3,68	9,27
<i>Luehea seemannii</i>	4	2,9	0,95	2,70	4	2,94	8,59
<i>Apeiba tibourbou</i>	2	2,2	0,83	2,36	3	2,21	6,77
<i>Cordia alliodora</i>	2	1,5	1,18	3,36	2	1,47	6,30
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>83</b>	<b>75,7</b>	<b>31,29</b>	<b>88,89</b>	<b>103</b>	<b>75,74</b>	<b>240,36</b>
<b>Subtotal 22 especies</b>	<b>45</b>	<b>24,3</b>	<b>3,91</b>	<b>11,11</b>	<b>33</b>	<b>24,26</b>	<b>59,64</b>
<b>Total 32 especies</b>	<b>128</b>	<b>100,0</b>	<b>35,20</b>	<b>100,00</b>	<b>136</b>	<b>100,00</b>	<b>300,00</b>

**Cuadro 23.** Abundancia, dominancia, frecuencia e IVI en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas , San Carlos, 2018.

<b>Pre tratamiento 2002</b>							
<b>Especie</b>	<b>Abun (N/ha)</b>	<b>abun (%)</b>	<b>Dom G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Dom (%)</b>	<b>Frec</b>	<b>Frec (%)</b>	<b>IVI</b>
<i>Acidoton nicaraguensis</i>	117,33	11,22	0,40	1,07	21	11,17	23,46
<i>Pentaclethra macroloba</i>	101,33	9,69	0,43	1,16	3	1,60	12,45
<i>Colubrina spinosa</i>	85,33	8,16	1,01	2,70	4	2,13	12,99
<i>Croton sp</i>	64,00	6,12	3,76	10,07	8	4,26	20,45
<i>Desconocido</i>	58,67	5,61	0,08	0,20	1	0,53	6,35
<i>Miconia trinervia</i>	53,33	5,10	0,98	2,63	8	4,26	11,99
<i>Turpinia occidentalis</i>	48,00	4,59	0,96	2,58	2	1,06	8,24
<i>Apeiba tibourbou</i>	42,67	4,08	0,44	1,19	4	2,13	7,40
<i>Inga sp</i>	32,00	3,06	1,73	4,63	16	8,51	16,20
<i>Casearia arborea</i>	26,67	2,55	1,45	3,90	3	1,60	8,05
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>629,33</b>	<b>60,20</b>	<b>11,24</b>	<b>30,13</b>	<b>70</b>	<b>37,23</b>	<b>127,57</b>
<b>Subtotal 39 especies</b>	<b>416,00</b>	<b>39,80</b>	<b>26,06</b>	<b>69,87</b>	<b>118</b>	<b>62,77</b>	<b>172,43</b>
<b>Total 42 especies</b>	<b>1045</b>	<b>100</b>	<b>37</b>	<b>100</b>	<b>188</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
<b>Post tratamiento 2018</b>							
<i>Pentaclethra macroloba</i>	117,33	11,17	0,40	1,05	21,00	10,99	23,21
<i>Acidoton nicaraguensis</i>	112,00	10,66	0,43	1,14	3,00	1,57	13,37
<i>Colubrina spinosa</i>	85,33	8,12	1,01	2,65	4,00	2,09	12,87
<i>Croton sp</i>	64,00	6,09	3,76	9,89	8,00	4,19	20,17
<i>Miconia trinervia</i>	53,33	5,08	0,08	0,20	1,00	0,52	5,80
<i>Turpinia occidentalis</i>	48,00	4,57	0,98	2,59	8,00	4,19	11,34
<i>Apeiba tibourbou</i>	42,67	4,06	0,96	2,53	2,00	1,05	7,64
<i>Casearea arborea</i>	42,67	4,06	0,44	1,16	4,00	2,09	7,32
<i>Inga sp</i>	32,00	3,05	1,73	4,54	16,00	8,38	15,96
<i>Desconocido</i>	26,67	2,54	1,45	3,83	3,00	1,57	7,94
<b>Subtotal 10 especies</b>	<b>624</b>	<b>59</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>37</b>	<b>126</b>
<b>Subtotal 43 especies</b>	<b>427</b>	<b>40,61</b>	<b>26,75</b>	<b>70,42</b>	<b>121</b>	<b>63,35</b>	<b>174,38</b>
<b>Total 53 especies</b>	<b>1051</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>100</b>	<b>191</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Se calcularon tres índices de diversidad para cada año y bloque de bosque previo y posterior a la aplicación de tratamientos (cuadro 24 y 25). Según los resultados del bloque I y bloque II el más diverso fue el segundo según los registros del 2018.

**Cuadro 24.** Índices de Simpson, Shannon en el estrato I del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

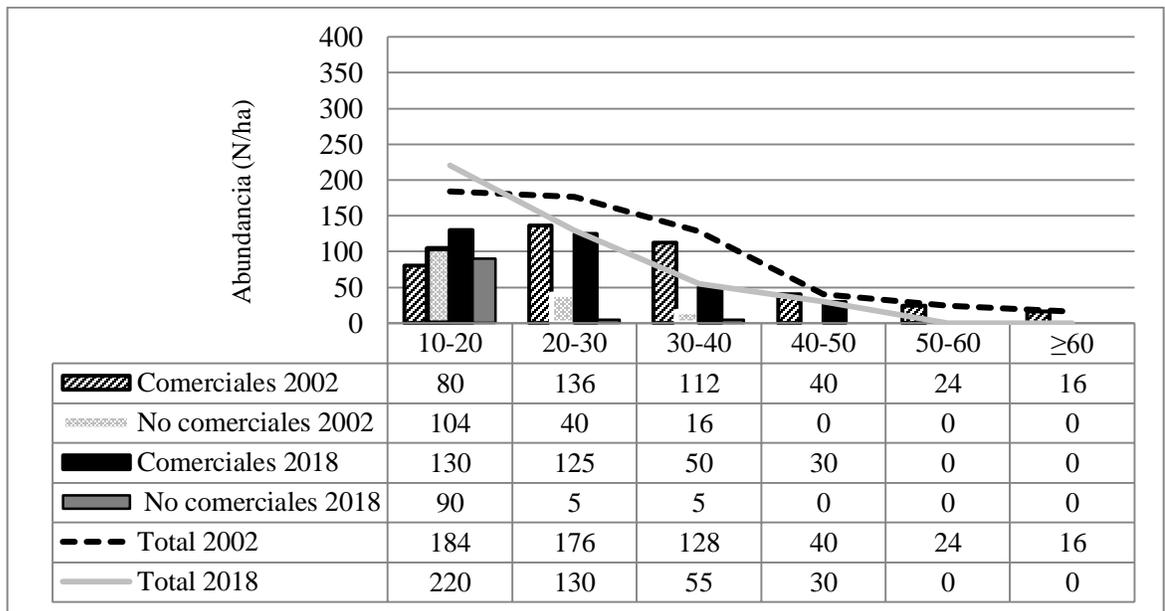
Índices	Pre tratamiento 2002	Post tratamiento 2018
Simpson	0,98	0,96
Shannon	3,22	3,1
Czekanowki	1,16	1,42
Cociente de mezcla	2 ind./esp.Dif	2 ind./esp.Dif

**Cuadro 25.** Índices de Simpson, Shannon en el estrato II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

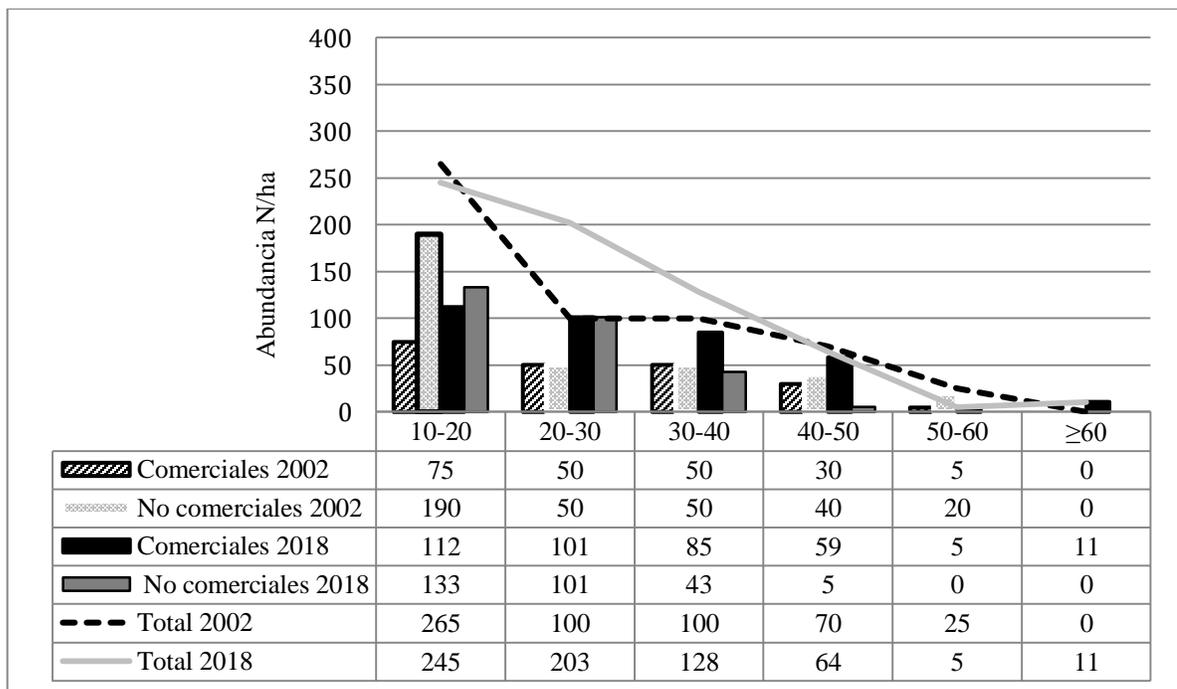
Índices	Pre tratamiento 2002	Post tratamiento 2018
Simpson	0,91	0,95
Shannon	3,3	3,22
Czekanowki	0,12	1,65
Cociente de mezcla	2 ind./esp.Dif	3 ind./esp.Dif

### **6.3.2 Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque por efecto de tratamientos silviculturales. Coope San Juan, San Carlos, 2018.**

El bloque I presentó diferencias significativas de abundancia de especies comerciales previo y posterior a la aplicación del tratamiento en las primeras tres clases diamétricas; así mismo, estas presentaron mayor abundancia de individuos comerciales (figura 30) si se contrasta con las clases diamétricas superiores. Si se compara la distribución diamétrica en 1999, las categorías mayores a 40 cm mantienen a través del tiempo una abundancia similar tanto de especies comerciales como no comerciales con tendencia hacia la disminución conforme aumenta el rango diamétrico. Para el caso del bloque II (figura 31) en términos de abundancia en 2002 el 42% de la abundancia total fue representada por especies comerciales, posterior a la aplicación de tratamientos, las especies comerciales incrementaron en 24%. En relación al área basal total, ambos bloques registran incrementos comparado con los datos primer registro.

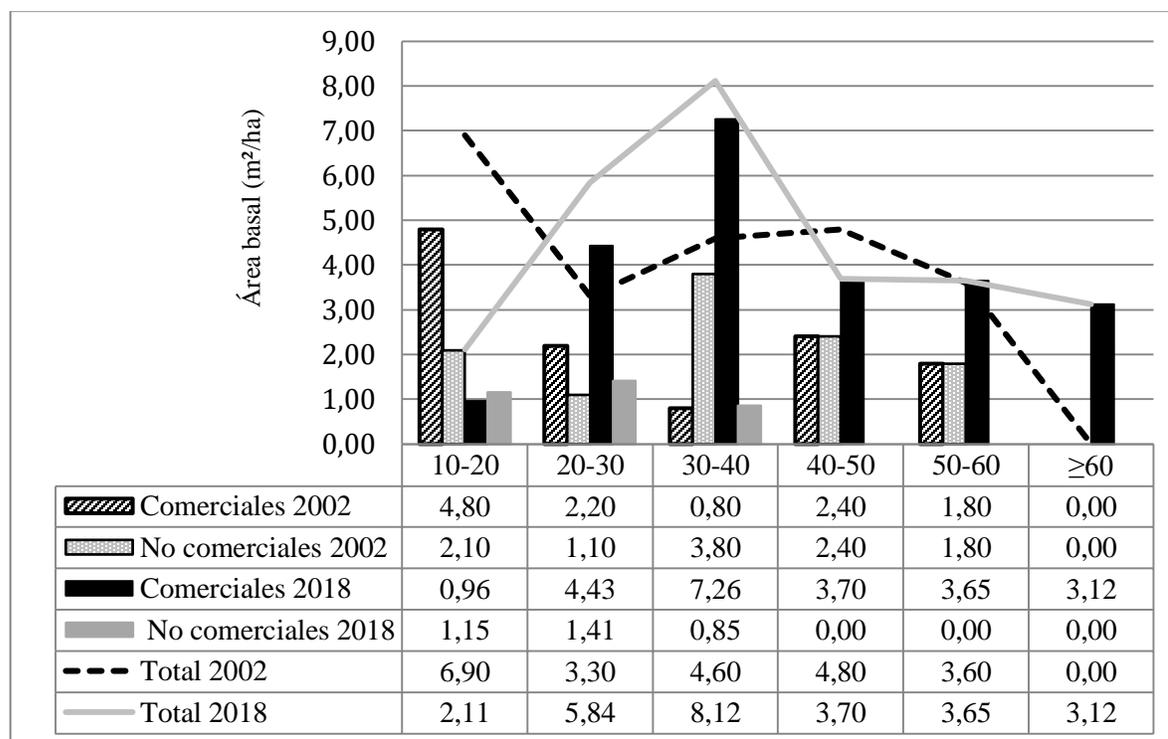


**Figura 30.** Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

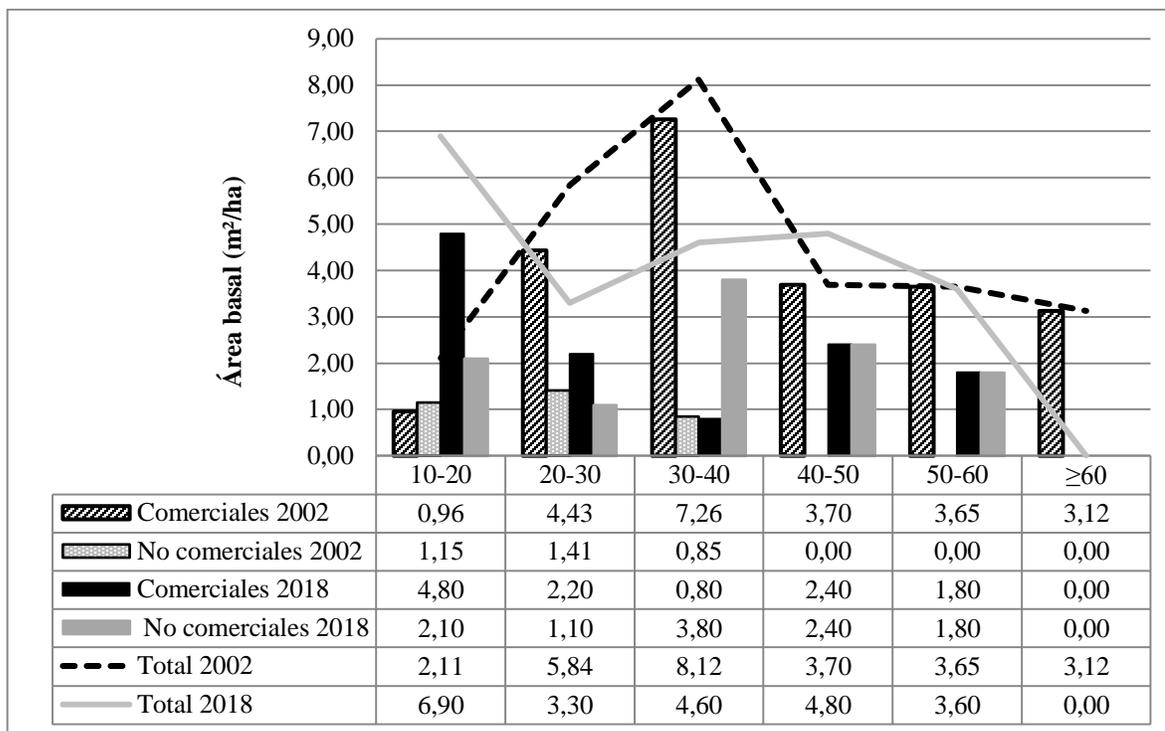


**Figura 31.** Abundancia (N/ha) por clase diamétrica (cm) en el en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

El área basal comercial del bloque I en el 2002 representó un 14%, posteriormente en el 2018, el área basal comercial incrementó hasta un 45% en todas las clases diamétricas (figura 32). En el bloque II, el 35% del área basal fue representado por especies comerciales en el 2002 y en rango de 30-50 cm, en el 2018, el área basal de las especies comerciales pasó a representar el 52% del total de especies registradas.



**Figura 32.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.



**Figura 33.** Área basal ( $m^2/ha$ ) por categoría diamétrica (cm) en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

Según los cambios registrados en los dos periodos de tiempo el volumen de las especies comerciales para ambos bloques incremento en 86% siendo *Vochysia guatemalensis* y *Pentaclethra macroloba* las especies que representan el 60 % del volumen comercial.

**Cuadro 26.** Cambios de volumen en especies comerciales en el estrato I y II del bosque secundario de Florencia, San Carlos, 2018.

Bosque evaluado	Año	Volumen ( $m^3/ha$ )
Bloque I	2002	85,6
	2018	165,8
Bloque II	2002	87
	2018	188

De las 33 especies identificadas en bloque I en el 2002, 15 fueron del grupo comercial donde la de mayor porcentaje de abundancia fue para *V. guatemalensis* y 18 especies del grupo no comercial con *Goethalsia meiantha* como la especie más abundante (cuadro 27). En el 2018

fueron registradas 12 especies comerciales con *Vochysia guatemalensis* de mayor abundancia y 20 especies no comerciales como *Psychotria sp.* y *Goethalsia meiantha*.

Para el caso del bloque II (cuadro 28), previo a la aplicación de tratamientos fueron registradas 9 especies comerciales y 33 no comerciales; posterior a los tratamientos se registró un incremento de 22 especies comerciales con *P. macroloba* la que mayor abundancia registró y 31 especies no comerciales.

**Cuadro 27.** Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el bosque secundario (estrato I) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

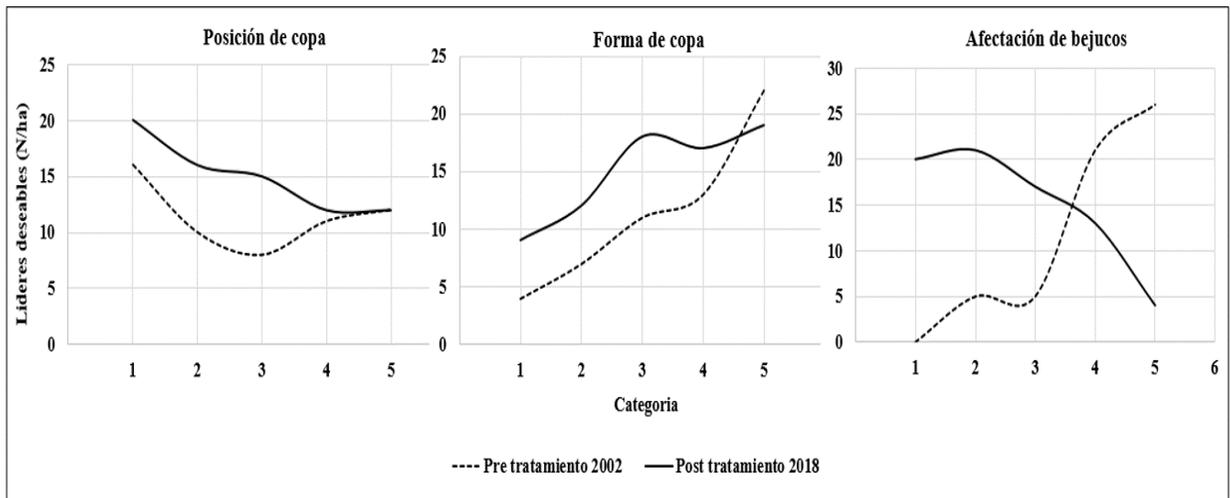
Años					
Pre tratamiento 2002			Post tratamiento 2018		
Comerciales					
Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)
<i>Pentaclethra macroloba</i>	208	18	<i>Vochysia guatemalensis</i>	232	38
<i>Vochysia guatemalensis</i>	208	18	<i>Pentaclethra macroloba</i>	216	35
<i>Goethalsia meiantha</i>	48	4	<i>Goethalsia meiantha</i>	56	13
No comerciales					
<i>Psychotria sp</i>	80	7	<i>Psychotria sp</i>	88	20
<i>Inga sp</i>	72	6	<i>Inga sp</i>	64	14
<i>Castilla elastica</i>	56	5	<i>Castilla elastica</i>	56	9

**Cuadro 28.** Especies más abundantes por grupo comercial (N/ha) en el bosque secundario (estrato II) de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018.

Años					
Pre tratamiento 2002			Post tratamiento 2018		
Comerciales					
Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)	Especie	Abundancia N/ha	Porcentaje (%)
<i>Pentaclethra macroloba</i>	102	18	<i>Pentaclethra macroloba</i>	117	25
<i>Goethalsia meiantha</i>	56	8	<i>Apeiba tibourbou</i>	43	9
Otras	125	20	<i>Casearea arborea</i>	43	9
No comerciales					
<i>Rinorea squamata</i>	138	13	<i>Acidoton nicaraguensis</i>	112	20
<i>Colubrina spinosa</i>	85	6	<i>Colubrina spinosa</i>	85	15
<i>Croton sp</i>	58	5	<i>Croton sp</i>	64	12

**6.3.3 Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre los líderes deseables. Coope San Juan, San Carlos, 2018.**

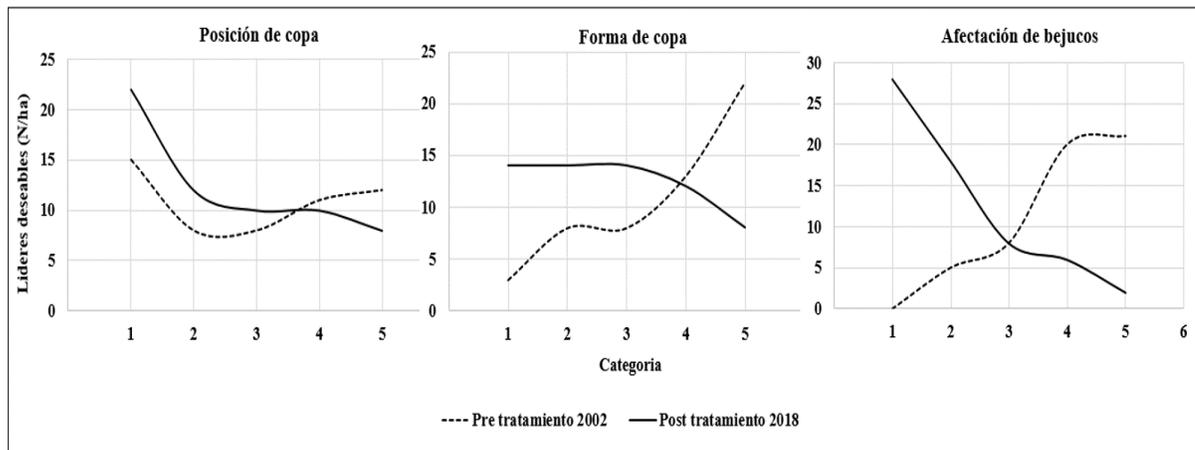
Se registró 57 líderes deseables por hectárea según los registros del 2002; posteriormente incrementó a 75 individuos por hectárea. Las primeras tres clases diamétricas fueron las únicas que registran individuos; 45% presenta una posición de copa en categoría 1 y 2, mientras la forma de copa y la presencia de bejucos parece ser lo que más afecto a la población ya que el 61% y 82% de los individuos respectivamente se encuentran en la categoría 4 y 5. En el 2018 posición de copa mejoró en cuanto a la cantidad de árboles registrados en la categoría 1 y 2, mientras que la afectación de bejucos fue algo que mejoró significativamente desde la primera evaluación, hubo una mejora en promedio 48% (Figura 34).



**Figura 34.** Condición de los Líderes Deseables según el año y sector evaluado. Bloque I Coope San Juan, 2018.

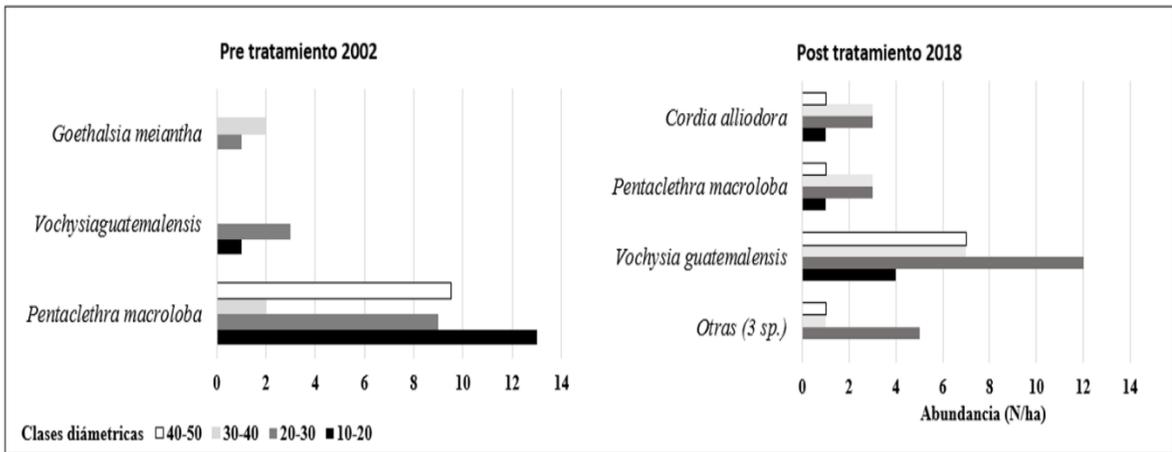
En el caso del bloque II, fueron registrados también 57 líderes deseables por hectárea según los registros del 2002; posteriormente incremento a 62 individuos por hectárea. Las clases diamétricas en el rango de 20 a 40 cm fueron las que más presentaban LD. El comportamiento con respecto a los criterios considerados fue muy similar al del primer bloque, así mismo, la condición de afectación por liana y bejucos mejoro posterior a la aplicación de tratamientos (figura 35). El 45% presenta una posición de copa en categoría 1 y 2, mientras la forma de copa

y la presencia de bejucos parece ser lo que más afecto a la población ya que el 61% y 82% de los individuos respectivamente se encuentran en la categoría 4 y 5. En el 2018 posición de copa mejoro en cuanto a la cantidad de árboles registrados en la categoría 1 y 2, mientras que la afectación de bejucos fue algo que mejoró significativamente desde la primera evaluación, hubo una mejora en promedio 48%.

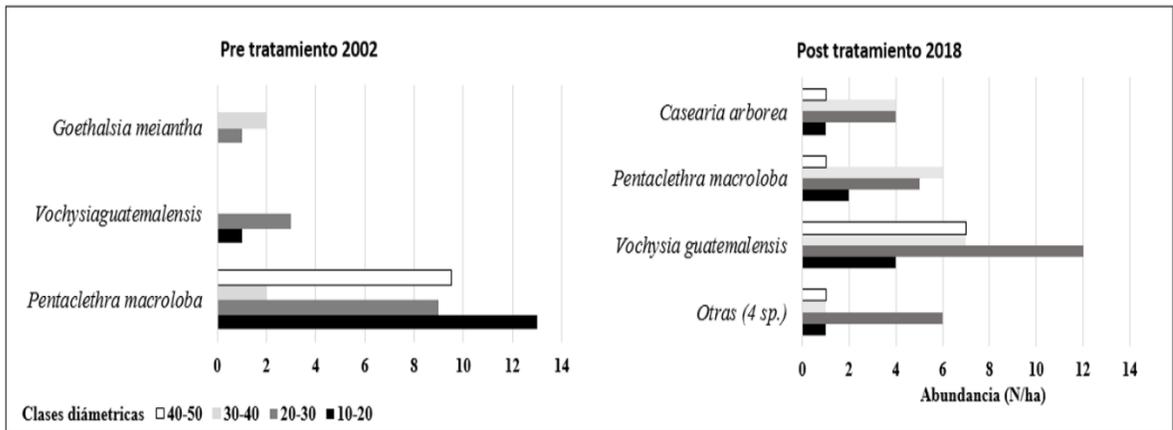


**Figura 35.** Condición de los Líderes Deseables según el año y sector evaluado. Bloque II, Coope San Juan, 2018.

El bloque I (figura 36) registró solo 3 especies seleccionadas como líderes deseables según el muestreo diagnóstico entre la clase diamétrica de 10 a 50 cm, el 65% de estos corresponde a *Pentaclethra maculosa*, que a su vez está presente en el rango diamétrico de 10 a 50 cm. En el 2018 este bosque registró 7 especies deseables dentro de las cuales *V. guatemalensis* y *P. maculosa* representaron el 60%. El caso del bloque II (figura 37) sucedió lo mismo que en bloque I ya que solo 3 especies fueron registradas en el 2002, posteriormente se registraron 6 especies como líderes deseables dentro de las cuales 34% corresponden a *V. guatemalensis*.



**Figura 36.** Distribución diamétrica y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el bloque I del bosque secundario de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018 antes y después de la aplicación de tratamientos silviculturales.



**Figura 37.** Distribución diamétrica (cm) y cantidad de individuos deseables sobresalientes encontrados por especie en el bloque II del bosque secundario de Coope San Juan, Agua Zarcas, San Carlos, 2018 antes y después de la aplicación de tratamientos silviculturales.

## **7. Discusión**

La presente investigación evaluó el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales sobre especies comerciales en tres bosques secundarios de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

La edad de los bosques cuando se aplicaron los tratamientos silviculturales era de: Florencia Estrato I 10 años, Florencia estrato II 18 años, Pénjamo 25 años, y Coope San Juan 23 años. Existe un gradiente entre la edad de aplicación del tratamiento y la edad para cuando se realizó la valuación de este trabajo sin embargo y por lo difícil que es hacer investigación y obtener resultados a largo plazo este estudio se considera uno de los primeros que permitirá determinar los efectos de la aplicación de tratamientos en años posteriores.

Solo en el bosque de Florencia y Pénjamo fue posible hacer una comparación tomando como referencia el bosque testigo; en el bosque Coope San Juan no fue posible, así mismo el bloque III no fue considerado ya que al momento de la evaluación posterior al tratamiento se comprobó la corta y extracción de madera, se evitó generar un sesgo en los datos de campo. Los resultados de la presente investigación muestran la composición florística, estructural, variaciones del volumen y la dinámica de los Líderes Deseables.

### **Cambios en composición florística**

El bosque de Florencia y Pénjamo presentaron cambios en familias y especies. En la primera evaluación *Cordia alliodora* y *Vismia ferruginea* eran las más abundantes; estas son especies pioneras que sufren un proceso de transición de pasto o agricultura a bosque (Fonseca y Vásquez, 2000), posteriormente estos sitios pasaron a ser dominados por la familia Vochysiaceae, de acuerdo con (Morales, 1998) las especies más predominantes son *Vochysia guatemalensis* y *V. ferruginea* de la familia en mención, su abundancia está sujeta al nivel de desarrollo y manejo del bosque, la apertura de claros es una condición que favorece la competencia y el desarrollo. En el bloque I del bosque de Florencia se ejecutaron tres tratamientos (liberación, corta de bejucos y refinamiento) y cuatro en el bloque II (liberación, corta de bejucos, refinamiento y aprovechamiento o cosecha), el refinamiento y aprovechamiento generó claros y alteraciones en la composición florística,

favoreciendo especies de valor comercial, dentro de las cuales *V. guatemalensis* fue la más promovida.

El grupo ecológico de heliófitas efímeras es el grupo más dominante en los primeros estadios de desarrollo, luego son sustituidas por heliófitas efímeras que llegan a superar el porcentaje de las primeras, así mismo las esciófitas constituyen un indicador de bosque secundario tardío Chiari (1999). El porcentaje o abundancia entre gremios se verá modelado en gran medida al manejo que se lleva a cabo en los sitios (Fedlmeier (1996). El porcentaje menor de esciófitas en el bosque una vez manejado comparado con un periodo posterior o con el bosque testigo podría atribuirse al manejo y apertura de claros debido al refinamiento y aprovechamiento, como es el caso del bosque de Florencia, que muestra un ejemplo de esta transformación en los porcentajes de abundancia de gremios ecológicos. Según Guillén (1993), indica que bosques que poseen una abundancia de ES menor al 5% ya se encuentran en una tercera etapa de desarrollo, en el caso de Florencia (bloque I) y Coope San Juan (bloque I y II) ya están prontos a pasar a una tercera etapa de desarrollo.

Así mismo, el bosque Florencia antes y después de la aplicación de tratamientos, comparado con el bosque testigo presenta resultados disímiles, la diversidad muestra variaciones significativas, además, según el índice de Simpson los valores cercanos a cero representan una alta diversidad, por lo que los datos reflejan que el bosque testigo presenta alta diversidad de especies (Hernández, 2007), en relación con su equivalente una vez manejado. Asimismo, el índice de Shannon enuncia que en ecosistemas naturales la riqueza oscila entre 2 y 4,5; y para sitios realmente diversos es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos (Pérez, 2002). Sucede el mismo comportamiento entre los periodos de evaluación y el bosque testigo, donde el bosque manejado presenta menor diversidad; Valerio y Salas (1997) afirman que la aplicación de tratamientos genera riesgos de disminuir la diversidad y proporción de especies de árboles, si la aplicación de éstos no ha sido debidamente planificada, lo que amenaza la estabilidad del bosque.

Para determinar la intensidad de mezcla de las especies presentes en los bosques evaluados, se calculó el Cociente de Mezcla, definido por Lamprecht (1990), como la relación unitaria del número de especies respecto al total de individuos presentes en un bosque; el sitio evaluado presenta una mayor intensidad de mezcla y por ende mayor diversidad de especies, según resultados solamente el bosque de Pénjamo en la evaluación años posteriores presenta diferencias significativas en relación al bosque testigo donde este último presenta mayor cantidad de especies, mismo comportamiento se observa en el bloque II de Coope San Juan.

De acuerdo al índice de valor de importancia, se nota la variabilidad del mismo entre especie, periodo y bosque, no hay una tendencia en el comportamiento del IVI, ya que ocurre un proceso de transición donde las especies que dominaban una etapa se tornan menos abundantes y frecuentes en las siguientes etapas de desarrollo (Morales *et al*, 2012).

En cuanto a la frecuencia relativa (%), según (Lamprecht, 1990), se refiere a la presencia de una especie en un sitio de muestreo, abundancias mayores a 3% indican que el bosque es homogéneo y la posibilidad de encontrarse una especie repentinamente es alta, todos los sitios evaluados presentan una alta homogeneidad, Un caso especial es el bosque de Coope San Juan, debido a que presenta una condición particular donde existe 10-20% de probabilidad de que si una especie es seleccionada al azar esta sea *Pentaclethra macroloba*. Según el índice de similaridad de Bray Curtis, el bloque I de Florencia y el bosque de Pénjamo comparados con el bosque testigo llegan solo a un 30% de similaridad que coincide también con una reducción de la diversidad de especies en el bosque una vez manejado y un aumento en el bosque testigo. Lo que indica que la aplicación de tratamientos produjo un cambio en la composición florística.

Se puede observar que el estimador de Bootstrap fue el único con valores de completitud superiores al 80 % en todas las estimaciones realizadas, lo que sugiere que este es el que más se ajusta a los datos del muestreo, por lo que fue utilizado para realizar la gráfica de

acumulación de especies presentadas en las figuras 10 y 21. Además, se mantiene dentro del 20% de error aceptado.

Se puede observar que en todos los casos las curvas del bosque testigo son superiores a las del bosque evaluado, sugiriendo que el bosque testigo es el que posee la mayor riqueza de especies, esto en áreas inferiores a 700 m<sup>2</sup>, antes de llegar a este punto es el bosque evaluado quien posee la mayor acumulación de especies y donde se encuentra la mayor pendiente en la curva. Se puede observar que las curvas estimadas con Bootstrap son superiores a las obtenidas con los datos observados; el desplazamiento entre las curvas estimadas y las observadas representan el porcentaje de representatividad faltante para que el índice de completitud sea igual al 100 %. En este caso, todas las curvas se encuentran dentro del 20% de error recomendado por la literatura.

En la figura 10 podemos observar que en todos los casos las curvas de acumulación del bosque evaluado son inferior con respecto a las del bosque testigo. Además, se puede observar que al igual que en el caso anterior, tanto la curva observada como la estimada siguen una misma tendencia y el desplazamiento entre ellas es mínimo, por lo que se justifica que se tenga una representatividad superior al 80% en todos los casos.

### **Cambios en la estructura horizontal, vertical y volumen del bosque**

La tendencia de incrementos en variables dasométricas como el volumen y área basal puede atribuirse a la aplicación de los tratamientos ejecutados. Estos incrementos se concentran en las especies comerciales, aspecto que debe resaltarse por la importancia que tiene para dar opciones a los propietarios de bosques secundarios y una baja en las especies no comerciales (Finegan, 1997).

Los valores dasométricos se encuentran igual o por encima de otros bosques evaluados y/o incluso aprovechados. Valores reportados por CODEFORSA (2018) en un plan de manejo para bosque secundario de 35 años en la localidad de Santa Clara de San Carlos reporta una abundancia de 950 árboles por hectárea, a partir de un *d* de 10 cm. En este bosque

registraron un área basal de 33,77 m<sup>2</sup>/ha. Según Fedlmeier (1996), se estima que un bosque secundario de 12 años en la Zona Norte de Costa Rica alcanza áreas basales de 17,8 m<sup>2</sup>/ha, por su parte Chazdon et al (2008), reportan que a los 25 años los bosques secundarios de las zonas húmedas pueden alcanzar áreas basales de 21 m<sup>2</sup>/ha hasta 35,5 m<sup>2</sup>/ha. Los incrementos en área basal comercial desde la primera medición pueden atribuirse a que en la primera evaluación el bosque estaba en una etapa de sucesión temprana y predominaba mayor abundancia de especies no comerciales o HE en las primeras categorías diamétricas. Hoy día hay un incremento en la densidad de especies comerciales en todas las clases diamétricas, por consiguiente, los resultados indican que los tres bosques se encuentran en un estadio tardío.

La densidad de individuos/ha, en los bosques estudiados se concentra en las clases diamétricas de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm; datos similares a los que reportó Abarca *et al*, (2020) para bosques secundarios estudiados en la región de Sarapiquí, Costa Rica.

En general existen diferencias en los periodos de medición y el testigo según sea el bosque evaluado manifestando diferencias significativas en área basal y las clases diamétricas con mayor o menor abundancias, sin embargo, en todos los bosques pueden considerarse como bosques secundarios en fase III de desarrollo, ya que las clases diamétricas de árboles considerados como remanentes poseen mayor área basal que los árboles de categorías inferiores (Carrillo, 1999).

Los datos de incremento diámetro promedio en milímetros para el bosque de Florencia y Pénjamo son muy similares a los incrementos periódicos reportados por Redondo (1998) y Abarca (2019) en dos bosques secundarios evaluados en la zona de San Carlos con edades muy similares a los que acá fueron considerados. Los valores reportados oscilan 3,4 y 5,6 mm/año, el bosque de Florencia presentó incrementos 4,8 mm en el bloque I y 3,3 en el bloque II, por otra parte, el bosque de Pénjamo tiene mejor crecimiento comparado con el bosque anterior con 5,4 mm anuales.

Si bien es cierto los tres bosques evaluados presentaron cambios satisfactorios en sus variables dasométricas, estructura y composición es necesario volver a intervenirlos y monitorear su comportamiento de forma periódica con el fin de tener mejor validación de los resultados.

El bosque de Florencia y Pénjamo al ser comparados con su respectivo bosque testigo registraron incrementos en las especies comerciales en todas sus clases diamétricas.

De acuerdo con la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney U) (cuadro 12 y 20), para el caso de Florencia existen diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) en las variables densidad de individuos totales y comerciales y cantidad de especies totales y comerciales; mientras que para el resto de variables no existen diferencias significativas ( $p$ -valor  $> 0,05$ ).

Para Pénjamo se obtuvo que no existen diferencias significativas ( $p$ -valor  $> 0,05$ ) en ninguna de las variables comparadas. Cabe destacar que, si relacionamos este resultado con lo obtenido en las curvas de acumulación de especies, vemos que las curvas del bosque evaluado y del testigo son muy similares, lo que justifica que las diferencias no sean significativas estadísticamente en términos de cantidad de especies totales y comerciales.

### **Efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales**

La aplicación e implementación de tratamientos silviculturales pretenden generar cambios en la estructura y composición del bosque con miras a asegurar el establecimiento de la regeneración e incremento del volumen comercial para un beneficio económico (Valerio y Salas, 1997). El muestreo diagnóstico es la técnica desarrollada en Silvicultura Tropical para “diagnosticar la necesidad de un tratamiento” (Hutchinson, 1993).

Los líderes deseables incrementaron significativamente en el bosque de Florencia; no solo se registró una mayor cantidad con respecto a los otros bosques evaluados, sino que las condiciones y características de los mismos con respecto a forma de copa e iluminación es mejor. Dicho comportamiento, se debe a que fue donde se aplicaron cuatro tratamientos

en vez de uno, el refinamiento fue uno de los aplicados y este mejoró la condición de los individuos en relación al bosque Pénjamo y Coope San Juan en los que solo se les aplicó corta de bejucos. La liberación busca favorecer el crecimiento de los LD a partir de la eliminación de árboles sin valor comercial (Hutchinson, 1993).

La combinación de aprovechamiento, corta de bejucos, refinamiento y liberación resultó beneficiosa en la cantidad y las condiciones de los LD en el bosque de Florencia, comparado con solo la corta de bejucos en los otros dos bosques.

Según los resultados posteriores a la aplicación de tratamientos, el bosque de Florencia es el que presenta la mayor cantidad de LD/ha en ambos bloques; se registró casi el doble de ocupación según Quesada (2012), ya que el valor mínimo aceptable debe ser 40 individuos/ha y en este sitio registró un total de 72 y 70 ind/ha (bloque I y II). En promedio el 63% de los individuos evaluados según posición, forma y afectación por bejucos se ubican en las categorías de 1 a 2, que son considerados de perfecta a buena condición comparada con 47 y 54 LD antes de la aplicación de tratamientos y en el bosque testigo.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

- La presente investigación retoma el tema del manejo forestal del bosque secundario como una alternativa ingreso económico a sus propietarios. Además, constituye un insumo como línea base para el futuro manejo de los bosques secundarios de la zona norte y sobre aquellos a los cuales se les aplicó algún tratamiento silvicultural.
- El bosque de Florencia y Pénjamo comparados con el bosque testigo registraron incrementos en el número de especies comerciales en todas sus clases diamétricas.
- En relación a cambios en la composición florística, en todos los casos el bosque una vez manejado disminuyó su diversidad según los índices considerados.
- Según el índice de similaridad de Bray Curtis evaluado en el bloque I del bosque de Florencia y Pénjamo, la similaridad entre sitios en la evaluación anterior, posterior y testigo llega solo a un 30%. Lo que indica que la aplicación de tratamientos produjo un cambio en la composición florística de los sitios.
- Según las pruebas no paramétricas realizadas y las curvas de acumulación de especies el bosque que tuvo efectos significativos una vez llevado a cabo los diferentes tratamientos silviculturales fue el bosque de Florencia.
- La tendencia de incrementos en variables dasométricas como el volumen y área basal puede atribuirse a la aplicación de los tratamientos ejecutados, estos incrementos se concentran en las especies comerciales y una baja en las especies no comerciales.
- Los valores dasométricos se encuentran igual o por encima de otros bosques evaluados o incluso aprovechados cerca de los sitios evaluados.
- Los líderes deseables sobresalientes incrementaron significativamente en el bosque de Florencia. Dicho comportamiento se debe a que fue donde se aplicó cuatro tratamientos en vez de uno.
- La combinación de aprovechamiento, corta de bejucos, refinamiento y liberación resultó beneficiosa en la cantidad y las condiciones de los LD en el bosque de Florencia, comparado con solo la corta de bejucos en los bosques de Pénjamo y Coope San Juan.

- *Vochysia guatemalensis* fue la especie con mayor IVI en los tres sitios evaluados, excepto en el bloque II de Coope San Juan, posterior a la aplicación de tratamientos silviculturales.
- Los tres bosques evaluados presentan un gran potencial maderable actual y futuro por la gran cantidad de individuos comerciales de las categorías inferiores y superiores.
- Si bien es cierto los tres bosques evaluados presentaron cambios satisfactorios en sus variables dasométricas, estructura y composición, es necesario volver a intervenirlos y monitorear su comportamiento de forma periódica con el fin de tener mejor validación de los resultados.
- Dar mantenimiento y seguimiento a las parcelas permanentes recuperadas ya que son un insumo de información sobre el comportamiento de los bosques secundarios y su respuesta al manejo con fines comerciales.

## 9. Bibliografía

Abdiel, J. 2012. Alternativas de manejo forestal para bosques primarios muy intervenidos: Estudio de caso en Finca Elia María, Los Chiles, Costa Rica. Tesis maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 96 p.

Abarca, P; Meza, V; Méndez, G. 2020. Evaluación de tratamientos silviculturales en la sostenibilidad de bosques tropicales en la Región Huetar Norte, Costa Rica. Revista Ambientales. 1: 54. 140-166 p.

Alcaraz, F. 2013. Libro Geobotánica. Sucesión. Primera Edición Universidad de Murcia. España. 189 p.

Bassiolo, M. 2014. Educación e investigación forestal para un equilibrio vital. Primera Edición. Cooperación binacional Argentina Brasil. Capítulo 3. 77-109 p.

Bocanegra, K. 2015. Funtional Grou Ps of Tres in Secondary Forests of the Bajo Calima Región (Buenaventura, Colombia ). Boletín Científico (19)1. 24p.

Cardoso, J. 2014. Silvicultural Treatment and Diameter Increment of *Platonia insignis*. (CLUSIACEAE) "Bacurizeiro" on Two Secondary Forests on Bragança, Pa, Brazil. Revista *Árvore*. 38: 5. 889-898 p.

Chavarría, I. 2014. FRA 2015. Informe Nacional, Costa Rica. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015: Informe Nacional XXX, Roma 2014. FAO. 100p.

Chazdon, R; Vilchez, B; Villa, V. 2008. Dinámica de cuatro bosques secundarios tropicales de la región Huetar Norte, Costa Rica, su valor para la conservación o uso comercial. Revista Recursos naturales y ambiente. No 55. 118-128 p.

Camacho, M. 2015. "Fomento del manejo sostenible de los bosques naturales (MFS) para la mejora y conservación de las reservas de carbono" (FONAFIFO-REDD+). CR. 59p.

Canet, G. 2015. Recuperación de la cobertura forestal en Costa Rica, logro de la sociedad costarricense. Revista Ambientico. 253-05. 16-21 p.

Córdoba, D. 2002. Evaluación de Tratamientos Silviculturales Aplicados al Manejo De Tres Bloques de Bosque Secundario Ubicados en Coope San Juan, Aguas Zarcas, San Carlos, Costa Rica, 2002. Practica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 157 p.

CODEFORSA. 2018. Plan de manejo para bosque secundario, sucesión Media-Tardía Discetáneos. Finca de la ETAI. Informe técnico. 53 p.

CATIE. 2002. Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados de América Central. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica. Informe Técnico N°50. 278 p.

Costa, R. 2014. Silvicultural Treatment and Diameter Increment of *Platonia Insignis* Mart. (Clusiaceae) "Bacurizeiro" on Two Secondary Forests on Bragança, Pa, Brazil. Revista *Árvore*. 38:5. 889-898 p.

Chiari, L. 1999. Prescripción y aplicación de tratamientos silviculturales en bosques secundarios en Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Informe Practica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 103p.

Dawkin, H. 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute. Paper N° 34. 149p.

Dañobeytia, F. 2014. Redefining Secondary Forests in the Mexican Forest Code: Implications for Management, Restoration, and Conservation. *Revista Forests* 5. 978-991 p.

De Camino, R & Detlefsen, R. 2008 Avances y perspectivas del manejo forestal para uso múltiple en el trópico húmedo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 120 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2011. Situación de los bosques del mundo: Informe, Roma. 346 p.

Fedlmeier, C. 1996. Desarrollo de Bosques Secundarios en zonas de pastoreo abandonadas en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Doctoral. Alemania. 177 p.

Fonseca, K & Vásquez, L. 2000. Restauración de la Cobertura Vegetal de la Reserva Forestal Monte Alto, Hojancha, Guanacaste. Memoria de Seminario Proyecto COSEFORMA. 156-165 p. r

Finegan, B. 1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de la madera. En Memorias del Taller Internacional sobre el Manejo de Desarrollo del Bosque secundario Tropical en América Latina. CATIE. 106-119 p.

Henao, L. 2015. El bosque secundario en Centroamérica: Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y normativas inadecuadas. Serie técnica. Boletín técnico no.77. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica. 46 p.

Hernández, L. 2014. Vigésimo informe estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (2013). San José. CR. 23p.

Hernández, I. 2007. Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis de maestría. CATIE. 90 p.

Hutchinson, D. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica. Informe Técnico N°7. 33 p.

INISEFOR. 2010. Protocolo de Establecimiento y Medición de Parcelas Permanentes de Muestreo en Bosque Natural. Para la Red de Parcelas Permanentes de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (RPPMF). Manual de Campo. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 40p.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. trad. por Antonio Carrillo. Alemania. GTZ. 335 p.

Martínez, M. 2013. The Costa Plan as a Better Option of Management for Tropical Forest Species of Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 5: 22. 10-25 P.

MINAE. 1999. Decreto Ejecutivo N° 27998. Principio, Criterios e Indicadores para el manejo sostenible de bosques secundarios y la certificación en Costa Rica. La Gaceta 147, 29. Julio 1999. San José. CR.

MINAET. 2008. (Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, CR); SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR); CNSF (Comisión Nacional de Sostenibilidad Forestal, CR). Estándares de Sostenibilidad para el Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Práctica y Manual de Procedimientos. Decreto Ejecutivo N°34559-MINAE. San José, C.R. 107p.

Morales, M. 1998. Lineamientos para el manejo de un bosque secundario a partir de una evaluación silvicultural, Florencia, San Carlos, Costa Rica. Informe practica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 144 p.

Morales, M; Vilchez, B; Chazdon, R; Ortega, M; Ortiz, E & Guevara, M. 2012. Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica. Revista Kuru. 9: 23. 19-28 P.

ONF (Oficina Nacional Forestal); CCF (Cámara Costarricense Forestal). 2014. Sector forestal: retos y oportunidades (presentación). San José, CR. Marzo 2014 26p.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2014. Mapa de tipos de bosque. SINAC/SIREFOR. Disponible en: [http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=1053](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=1053).

PROINEL. 2002. Manual de Practicas Silviculturales y de Aprovechamiento en el Bosque Latifoliado de Honduras. Organización Internacional de Maderas Tropicales. Honduras. 32 p.

Sánchez, M. 2014. Proyecto Preparación Para REDD “Readiness” (R-PP) DEL Mecanismo cooperativo para El Carbono de los Bosques (FCPF) convenio de donación TF 012692-CR Fideicomiso 544-BNCR-FONAFIFO. Guía Técnica para el productor. Cuarto informe de consultoría. San José. 168 p.

Santos, R. 2013. Tree Structure and Diversity of Secondary Vegetation Derived From a Semi-Evergreen Tropical Forest in Quintana Roo. Revista Chapingo. 119-129 p.

Synnott, T. 1991. Manual de procedimiento de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. Valerio, J. Serie de apoyo académico N° 12. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 103 p.

Tauro, L. 2013. Sucesión y Dimensiones ecológicas en Bosques Tropicales Secundarios. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico. 109 p.

Pérez, R. (2002). Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en Los Mogos, Península de Osa, Costa Rica. TEC.C.CR. Obtenido de <http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/489/EvaluacionAprovechamientoForestal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quesada, R. 2008. Manual para promover la regeneración natural en pastos degradados en el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. Revista Kurú. 4:12 Edición especial. 1-69 p.

Quesada, R. 2012. Growth dynamics of tropical rainforest, 19 years after harvest under four forest harvesting systems in the Osa Peninsula, Costa Rica. Revista tecnología en marcha. 25:5. 57-66 P.

Quirós, S. 1999. Determinación y Aplicación de Tratamientos Silviculturales en un Bosque Secundario, Pénjamo, Florencia, San Carlos, Costa Rica. Practica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 92 p.

Vargas, L. 2012. Análisis de una Cronosecuencia de Bosques Tropicales del Corredor Biológico Osa, Costa Rica. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 108 p.

Valerio, J; Salas, C. 1997. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Manual Técnico. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Ministerio de desarrollo sostenible y ambiente (MDSMA). Santa Cruz, BO. Bolivia. 85 p.

Werger, M. 2011. Sustainable Management of Tropical Rainforest: The CELOS Management System. Tropenbos International, Paramaribo, Suriname. 282p.

