

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

RECUPERACIÓN DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL 19
AÑOS DESPUÉS DE LA COSECHA BAJO CUATRO
SISTEMAS DE MANEJO FORESTAL, EN LA PENÍNSULA
DE OSA, COSTA RICA.

MICHAEL GARRO CHAVARRÍA

CARTAGO, COSTA RICA

2011

Recuperación del bosque húmedo tropical 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de manejo forestal, en la Península de Osa, Costa Rica.

Michael Garro Chavarría¹

Resumen

Se midieron todos los árboles ($d \geq 10$ cm) y se identificaron botánicamente los ingresos en cuatro parcelas permanentes de muestreo (PPM) de 1 ha, establecidas en el año 1990 en Estero Guerra, Península de Osa, Costa Rica. Con base en la información recolectada de estas parcelas y de otras ocho PPM de 1 ha, establecidas en Los Mogos y Dos Brazos de Río Rincón, (Península de Osa, Costa Rica) en 1990, se analizó el estado del bosque primario (1990), 15 y 19 años después de aplicar cuatro sistemas de manejo forestal (2007 y 2011 respectivamente). El análisis de la recuperación del bosque, se realizó con base en el comportamiento de la estructura horizontal, grupos comerciales, gremios ecológicos, tasas de mortalidad, reclutamiento y recambio, biodiversidad biológica, crecimiento, estado de la conservación y comportamiento del bosque 15 años después de la intervención. No se encontraron diferencias significativas entre el número de individuos y área basal por hectárea general, ni por grupo comercial y gremio ecológico mostrados en el año 1990 (bosque primario) y 19 años después del manejo, ni entre sistemas de aprovechamiento. Lo que evidencia una recuperación en dichas variables 19 años después de la intervención. Se determinó que el valor de referencia mínimo para área basal establecido por la ley actual debe ser aumentado para los bosques intervenidos de la Península de Osa.

Palabras clave: Aprovechamiento forestal, Estructura horizontal, Grupos comerciales, Gremios ecológicos, Crecimiento, Recuperación del bosque.

¹Chavarría Garro, M. 2011. Recuperación del bosque húmedo tropical 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de manejo forestal, en la Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 128 p.

Recovering of wet tropical forest 19 years after the harvest using four systems of forestal management, done in Osa Peninsula, Costa Rica.

Michael Garro Chavarría

Abstract

Were measured all trees ($d \geq 10\text{cm}$) and also were botanically identify the entries in four plots permanent of sampling (PPS) of 1 ha, established in 1990 from Estero Guerra, Osa Peninsula, Costa Rica).

Based on information recollected from this plots and eight more PPS of 1 ha, established in Los Mogos and Dos Brazos de Río Rincón, (Osa Peninsula, Costa Rica) since 1990, was analyzed the recovering of the forest 19 years after the use of four different systems of forestal management. In the study of the recovering of the wet tropical forest of the Osa Peninsula, were used data bases coming from the measurements done in the PPS, for three years: 1990 (forest without intervention), 2007 (15 years after the harvest) and 2011 (19 years after the harvest). The analysis of the recovering of the forest, was done based on the behavior of the horizontal structure, commercial groups, ecological unions, mortality, recruitment and exchange rates, biological biodiversity, growth, conservation status and behavior of the forest 15 years after the intervention. There were no found statistical differences between the number of individuals and the basal area per hectare, individuals and the basal area per commercial group and ecological union shown in the 1990 (primary forest) and the 19 years after the use, or between the management systems. Which is evidence of recovering on these areas after 19 years from the intervention. Was determined that the minimal reference value for the basal area established by the present Forestry Law should be rise for the disturbed forest in Osa Peninsula.

Key Words: Forestal management, Horizontal structure, Commercial groups, Ecological unions, Growth, Forest recovering.

Acreditación

Esta tesis fue aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

RECUPERACIÓN DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL 19 AÑOS DESPUÉS DE LA COSECHA BAJO CUATRO SISTEMAS DE MANEJO FORESTAL, EN LA PENÍNSULA DE OSA, PUNTARENAS, COSTA RICA.

Miembros del Tribunal Evaluador

Ruperto Quesada Monge, Ph.D.
Director de Tesis

Marvin Castillo Ugalde, Lic.
Escuela de Ingeniería Forestal

Alejandro Meza Montoya, M.Sc.
Coordinador de trabajo final de graduación

Michael Garro Chavarría
Estudiante

Dedicatoria

*A Dios, a mi madre y hermanos por todos los sacrificios, apoyo y paciencia
durante todos mis años de estudio hasta este punto*

*A los bosques de Costa Rica por mostrarme un mundo que muchas personas
no tienen la dicha de conocer*

Agradecimientos

A Dios y mi familia por estar a mi lado en todo momento

A Ruperto Quesada por la guía y consejos brindados durante el desarrollo de este proyecto y de mi formación profesional

Marvin Castillo por las ideas y ayuda brindadas en la elaboración de este documento y en especial por el apoyo para lograr realizar el trabajo de campo

A los bosques de Estero Guerra, Península de Osa por todas las experiencias y a su gente que me acogió de la mejor manera durante la toma de datos para dicho estudio

Profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal por todas las enseñanzas profesionales y de vida y a los funcionarios de esta escuela por siempre mostrar una gran disposición para ofrecer consejos y apoyo

A mis compas de trabajos y fiestas: Guillermo, Daniel, Alejandra, Marco, Marilyn, Eladio, Nelson, Manolo, Eugenia, Karol, Carmen, que durante este periodo de estudiante en forestal llenaron estos años de buenos recuerdos y experiencias, sin ellos no habría sido mejor

Y a todos los demás compas de fores con los que me relacione en cursos, asocia y fiestas a lo largo de estos últimos años y de los cuales siempre voy a tener muy buenos recuerdos

Índice general

| | |
|---|------------|
| Resumen | ii |
| Abstract..... | iii |
| Acreditación..... | iv |
| Dedicatoria..... | v |
| Agradecimientos | vi |
| Índice General..... | vii |
| Índice de cuadros | ix |
| Índice de figuras..... | xi |
| Introducción..... | 14 |
| Objetivos | 17 |
| <i>Objetivo General</i> | 17 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 17 |
| Hipótesis | 18 |
| Revisión de literatura | 18 |
| Antecedentes del manejo forestal en Costa Rica | 18 |
| Aprovechamiento forestal..... | 19 |
| Sistema de aprovechamiento con bueyes (SACB)..... | 21 |
| Sistema de aprovechamiento tradicional mejorado (SATM) | 21 |
| Sistema de aprovechamiento tradicional con tractor (SATT)..... | 21 |
| Sistema de aprovechamiento con la combinación bueyes-tractor (SABT) | 22 |
| Recuperación del bosque húmedo tropical..... | 22 |
| Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM)..... | 23 |
| Estructura horizontal | 24 |
| Comerciabilidad | 24 |
| Gremios Ecológicos | 25 |
| Crecimiento | 27 |
| Mortalidad y reclutamiento..... | 27 |
| Composición florística..... | 29 |
| Metodología | 30 |
| Descripción de los sitios de estudio | 30 |
| <i>Estero Guerra</i> | 30 |

| | |
|---|------------|
| <i>Dos Brazos</i> | 30 |
| <i>Mogos</i> | 31 |
| Parcelas permanentes de muestreo (PPM) | 33 |
| Metodología del análisis de la recuperación | 35 |
| Estructura horizontal | 36 |
| Grupos comerciales | 37 |
| Gremios ecológicos..... | 37 |
| Crecimiento | 38 |
| Mortalidad y reclutamiento (dinámica del bosque)..... | 38 |
| Diversidad biológica y riqueza de especies | 39 |
| Estado de la conservación | 40 |
| Estado del bosque 15 años después del manejo..... | 41 |
| Análisis de los datos | 42 |
| Resultados y discusión | 43 |
| Estructura horizontal | 43 |
| <i>Índice de Valor de Importancia (IVI)</i> | 50 |
| Grupos comerciales | 54 |
| Gremios ecológicos..... | 59 |
| Mortalidad y Reclutamiento | 66 |
| Análisis de la diversidad biológica y riqueza de especies | 77 |
| Crecimiento del bosque intervenido | 81 |
| Estado de la Conservación | 92 |
| Comportamiento 15 años después del aprovechamiento..... | 97 |
| Conclusiones..... | 102 |
| Recomendaciones..... | 104 |
| Bibliografía..... | 105 |
| Anexos | 113 |

Índice de cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Descripción de los tratamientos silviculturales empleados en los bosques de Mogos, Estero Guerra y Dos Brazos de Rincón (Cordero y Howard 1990, Castillo 1991, Quesada y Castillo 2009)..... | 20 |
| Cuadro 2. Propietarios y área del terreno donde se encuentran establecidas las parcelas permanentes de muestreo, Península de Osa, Costa Rica, 2011 (Castillo 1991). | 34 |
| Cuadro 3. Sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en cuatro parcelas permanentes de muestreo de una hectárea, los sitios Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos, Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 34 |
| Cuadro 4. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G), comparaciones Tukey y desviaciones estándar para tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 43 |
| Cuadro 5. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G), cantidad total de especies y comparaciones Tukey* de los grupos comercial y no comerciales ($d \geq 30$ cm) de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento en la Península de Osa, 2011. | 56 |
| Cuadro 6. Comportamiento de la mortalidad y el reclutamiento (individuos por hectárea y tasa anual), en un periodo de cuatro años para tres bosques manejados bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 66 |
| Cuadro 7. Número de familias por hectárea, especies por hectárea y valores de diversidad encontrados en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 77 |
| Cuadro 8. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm) y desviaciones estándar en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 82 |
| Cuadro 9. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm), comparaciones Tukey y desviaciones estándar por gremio ecológico, de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro | |

| | |
|--|----|
| sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011 | 85 |
| Cuadro 10. Especies con mayor incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm), desviaciones estándar y gremios ecológicos de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal, en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 87 |
| Cuadro 11. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm) y desviaciones estándar por grupo comercial, de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 89 |
| Cuadro 12. Número de especies categorizadas por grado de amenaza (CITES 2010; IUCN 2008), vedadas y en peligro de extinción (Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE 1997) y endémicas (Aguilar y Cornejo 2010) en tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 92 |
| Cuadro 13. Especies con su número de individuos (n), categorizadas por grado de amenaza (CITES 2010; IUCN 2008), vedadas y en peligro de extinción (Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE 1997) y endémicas (Aguilar y Cornejo 2010) en tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 95 |
| Cuadro 14. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G) ($d \geq 30$ cm), Valor de referencia mínimo y pruebas ($t_{\alpha/2,95\%}$ student) de tres bosques 15 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas, en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 98 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Tipo de cobertura de los sitios Estero Guerra, Dos Brazos de Río Rincón y Los Mogos, utilizados para el análisis de la recuperación del bosque húmedo tropical, Península de Osa, Costa Rica. 2011. | 32 |
| Figura 2. Características ambientales de los sitios Estero Guerra, Dos Brazos de Río Rincón y Los Mogos, utilizados para el análisis de la recuperación del bosque húmedo tropical, Península de Osa, Costa Rica. 2011. | 33 |
| Figura 3. Distribución diamétrica para el número de individuos por hectárea (N), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes – tractor (SABT) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 46 |
| Figura 4. Distribución diamétrica para el área basal por hectárea (G), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes-tractor (SABT) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 48 |
| Figura 5. Especies ($d \geq 30$ cm) con mayores porcentajes de Índice de Valor de Importancia (IVI), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes-tractor (SABT) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 51 |
| Figura 6. Distribución diamétrica para el área basal (G) y el número de individuos por hectárea (N) de las especies comerciales y no comerciales ($d \geq 30$ cm) de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 55 |
| Figura 7. Distribución diamétrica para la cantidad total de especies para los gremios ecológicos heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 8. Número de individuos ($d \geq 30$ cm) por hectárea para los gremios ecológicos: heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 61 |
| Figura 9. Área basal ($d \geq 30$ cm) por hectárea para los gremios ecológicos heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 63 |
| Figura 10. Distribución diamétrica de la mortalidad por hectárea en un periodo de cuatro años, para tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 68 |
| Figura 11. Especies con los mayores valores de mortalidad y reclutamiento en un periodo de cuatro años, para tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 70 |
| Figura 12. Mortalidad y reclutamiento por hectárea en un periodo de 4 años para cada gremio ecológico, en tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 72 |
| Figura 13. Mortalidad y reclutamiento por hectárea en un periodo de cuatro años para cada grupo comercial, en tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 75 |
| Figura 14. Curva de acumulación de especies por individuos muestreados en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo los sistemas de | |

| | |
|--|----|
| aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 79 |
| Figura 15. Curvas de crecimiento por clase diamétrica para los individuos comerciales en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011. | 90 |
| Figura 16. Número de individuos y especies para las diferentes categorías de amenaza según UICN (2008) para tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011..... | 94 |
| Figura 17. Valores de referencia mínimo y máximo para el G promedio ($d \geq 30$ cm) y porcentaje de HE, respectivamente, de tres bosques 15 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011..... | 99 |

Introducción

Los ecosistemas boscosos de la región Tropical, corresponden a los complejos biológicos más diversos de la biosfera, cuyos servicios suplen las necesidades de la sociedad y de los grupos humanos que allí habitan en cuanto a frutos, madera, leña, fibras, medicinas, fauna silvestre que surte de proteína animal, regulación del clima y del agua, entre otros. Lo anterior lo convierte en un sistema invaluable para el hombre, como base de sostenibilidad para la vida (Melo y Vargas 2003).

La región de América Latina y el Caribe contiene el 22% de la superficie forestal mundial, el 14% de la superficie de tierra global y el 7% de la población mundial; además posee el mayor bloque continuo de bosque pluvial tropical del mundo, como lo es el Amazonas (FAO 2009). Del total mundial de las especies de plantas vasculares, alrededor de dos tercios (170 000 especies) se encuentran en las regiones tropicales, de las cuales 85 000 están ubicadas en el centro y sur de América (Melo y Vargas 2003).

En Costa Rica se encuentran 11 de las 116 zonas de vida del mundo, según Holdridge (1947), dos de ellas en la Península de Osa, que corresponden a bosque muy húmedo tropical y bosque muy húmedo premontano transición a basal.

Según Kapelle *et al.* (2002) la Península de Osa constituye un área de gran biodiversidad terrestre y marina, con especies endémicas y en peligro de extinción, conformando una serie de ecosistemas que, biogeográficamente, presenta una composición de especies de flora afín al Chocó en la Colombia Pacífica y similar a la Amazonia en estructura y complejidad de bosques. Además en la Península de Osa se registra aproximadamente un tercio de las especies de árboles de Costa Rica, incluyendo la mitad de las especies amenazadas (Rosero *et al.* 2002).

Sin embargo, la Península de Osa es una de las regiones con las tasas más activas de deforestación en Costa Rica. En un estudio realizado por Rosero *et al.* (2002), se encontró que entre 1980 y 1995 se taló el 16% de las casi 18 000 celdas (unidades de 62 500 m² utilizadas para dicho estudio) de bosque (112

000 ha) de la península, en tanto que 32% de las 5 000 celdas en pastos y cultivos se reforestaron (esto incluye plantaciones de melina) y 3% de las 14 000 celdas de bosque no fragmentado se fragmentaron. La deforestación afectó a 17 600 hectáreas de bosques naturales. El cambio de bosques a pastos o cultivos principalmente se produjo en la parte media y baja de la cuenca del Río Rincón al norte; y en las partes medias y altas de las cuencas Platanares, Nuevo y Río Tigre, ubicadas en la parte sur de la Península. Unas 10 400 ha, recuperaron cobertura forestal natural o con plantaciones. En los últimos años se han plantado unas 2 800 ha, de melina (*Gmelina arborea*), una especie de rápido crecimiento que se usa para la producción de madera y materia prima para papel. La fragmentación ha sido baja, equivalentes a 2 340 hectáreas. La mayor fragmentación se produjo en zonas de la cuenca del Río Rincón, sectores de la cuenca media y baja del Río Chocuaco y tierras bajas cercanas al manglar de Sierpe.

De esta forma, los bosques de la Península de Osa se encuentran inmersos en una matriz de diferentes usos del suelo, incluyendo remanentes de bosques naturales no intervenidos, similares a los protegidos en los Parques Nacionales Corcovado, Piedras Blancas, la Reserva Forestal Golfo Dulce, en proyectos privados de conservación y manejo forestal, así como bosques intervenidos y secundarios en distintos estadios de sucesión (Morales 2010).

Por sus características y aislamiento con respecto a otras áreas con bosques, estos ecosistemas tienen alta fragilidad de conservación y su flora y fauna constituyen una reserva de importancia mundial (Rosero *et al.* 2002). Además de ser fuente de una variedad extensa de bienes y servicios, como señala Barrantes (2000), los ecosistemas forestales son unidades que brindan diferentes servicios ambientales para la sociedad entre los que están: regulación de gases con efecto invernadero, servicio ambiental hídrico, belleza escénica y protección de la biodiversidad.

A pesar los bienes y servicios que ofrecen los bosques a la sociedad, Achard *et al.* (2005), mencionan que existe una falta de información respecto a políticas de manejo forestal sostenible, conservación y contenidos de carbono de bosques secundarios en distintos fases de sucesión. En la actualidad, las

tendencias mundiales, regionales y locales se orientan hacia la práctica del manejo forestal sostenible, el cual requiere encauzar el uso de los recursos forestales a partir de información relevante y confiable (Pérez *et al.* 2001). El poder disponer de información fiable y actualizada sobre la situación de los recursos forestales; no solamente con respecto a la cubierta forestal y sus procesos de cambio sino también con respecto a variables como las existencias en formación, los productos forestales maderables y no maderables, el carbono, las áreas protegidas, el uso recreativo u otros usos de los bosques, la diversidad biológica y la contribución de los bosques a las economías nacionales, es esencial para la toma de decisiones en el ámbito de las políticas y los programas forestales, y a todos los niveles del desarrollo sostenible (FAO 2010).

La principal razón para desarrollar este estudio es determinar el grado de recuperación del bosque húmedo tropical de la Península de Osa, después de 19 años de haber sido intervenido. Además de analizar la efectividad de las nuevas políticas forestales establecidas en el país, específicamente el Decreto N° 34559-MINAE.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la recuperación del bosque húmedo tropical después de 19 años de realizada la cosecha bajo cuatro sistemas de manejo forestal, en la Península de Osa, Costa Rica.

Objetivos específicos

- Analizar la recuperación del bosque húmedo tropical a nivel de estructura horizontal, después de 19 años de haber sido intervenido bajo cuatro sistemas de manejo forestal en la Península de Osa.
- Comparar el comportamiento de los grupos comerciales y gremios ecológicos del bosque en su estado primario con el bosque intervenido bajo los cuatro sistemas de aprovechamiento, Península de Osa, Costa Rica.
- Evaluar la dinámica del bosque intervenido bajo los diferentes sistemas de aprovechamiento y el crecimiento mostrado 19 años después de dicho manejo en la Península de Osa, Costa Rica.
- Analizar la diversidad biológica presente 19 años después del manejo forestal y determinar el estado de la conservación de las especies arbóreas para los bosques intervenidos en la Península de Osa, Costa Rica.
- Evaluar la efectividad de los Estándares de Sostenibilidad para el Manejo de Bosques Naturales, Decreto N° 34559-MINAE, para bosques intervenidos de la Península de Osa, Costa Rica.

Hipótesis

De acuerdo con resultados de otras investigaciones, se ha observado que los bosques húmedos tropicales intervenidos muestran una recuperación muy avanzada de sus condiciones originales entre 15 y 20 años después de haber sido aprovechados. Por tanto, la hipótesis planteada en este estudio es encontrar una recuperación en estructura, composición y dinámica de la masa arbórea en bosques intervenidos (19 años atrás) en la Península de Osa, bajo diferentes sistemas de aprovechamiento.

Revisión de literatura

Antecedentes del manejo forestal en Costa Rica

La primera Ley Forestal data de 1969 y su implementación fue muy limitada, debido entre otras cosas a la poca disponibilidad de recursos económicos y de personal técnico. La primera escuela forestal a nivel universitario inició sus labores en 1975 y los primeros ingenieros forestales se graduaron en 1978 (FAO 1995).

A principios de la década de los 80 se decretó como necesario un inventario para obtener un permiso de aprovechamiento, pero los datos no se usaron en la toma de decisiones para el manejo forestal a largo plazo. Después de que se prohibiera el cambio de uso de la tierra en 1991, los sectores público y privado estuvieron de acuerdo en mejorar los procedimientos de manejo forestal mediante la inclusión de inventarios de existencias y reconocimientos topográficos, como requisitos adicionales para la planificación del manejo, y la restricción del aprovechamiento a 60% del volumen comercial sobre el diámetro mínimo de 60 cm. Estas medidas se fijaron en 1992 y se apoyaron con incentivos gubernamentales en 1993 (Maginnis *et al.* 1998).

En 1997 se fijó un ciclo de aprovechamiento mínimo de 15 años y se cambiaron las pautas de regulación del rendimiento de una base por volumen a una base por árbol con el fin de simplificarlas (el aprovechamiento se limita a

60% del número de árboles comerciales por especie con valor comercial, por encima del diámetro mínimo de corta de 60 cm) (Maginnis *et al.* 1998).

El manejo forestal y la silvicultura, hoy en día, tratan de jugar un papel más relevante en la economía y en los medios de vida de las comunidades, basándose en el principio de la multifuncionalidad de los bosques y asumiendo que la sostenibilidad del bosque considera los usos, creencias y costumbres de las personas, así como la necesidad de generar beneficios económicos y sociales a diferentes escalas que logren competir con los usos alternativos del suelo (Meza y Méndez 2006).

Aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal tiene como fin el uso racional de los bosques para extraer productos de forma sostenible y tratando de provocar el menor impacto posible; es por esto que el aprovechamiento de bosque se vislumbra como la herramienta más adecuada para el ordenamiento forestal (Hidalgo 2004).

Según Meza (2004) el aprovechamiento forestal es un sistema de producción, por lo tanto tiene una serie de etapas bien definidas, las cuales deben interactuar entre sí en forma ordenada y lógica, para lograr el objetivo señalado. Se le considera el primer tratamiento silvicultural que se le aplica al bosque, este tratamiento además de rendir ingresos permite dinamizar el ecosistema mediante la apertura de claros. La calidad de la regeneración que se establezca en los claros dependerá de la planificación y cuidado con que se realice la primer intervención (Valerio 1997).

La ejecución del aprovechamiento debe hacerse bajo una “estructura de servicio”, de modo que las operaciones de cada etapa se realicen logrando el mejor provecho del producto proveniente de la etapa anterior y facilitando la labor siguiente. Para lograr esta estructura es fundamental un proceso detallado de planificación de las actividades a ejecutar en cada etapa (Meza 2004). El objetivo del aprovechamiento debe ser extraer la mayor cantidad de

productos, de la mejor calidad, al menor costo y causando la mínima alteración al ambiente (Cordero 1998).

Para realizar un aprovechamiento exitoso en bosques tropicales es necesaria la planificación adecuada del método de extracción a utilizar. Según Castillo (1991), el aprovechamiento de los bosques naturales se ve afectado por la variedad florística, el tamaño de los árboles, la densidad de la vegetación, el clima, la topografía de la zona, las vías de extracción y el acceso al área, así como la disponibilidad de mano de obra.

En el presente estudio se analizó la recuperación mostrada por el bosque 19 años después de aplicar cuatro sistemas de aprovechamiento, los cuales presentan variaciones en las operaciones de corta y extracción, que genera diferente grado de impacto en el bosque y la masa arbórea remanente, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos silviculturales empleados en los bosques de Mogos, Estero Guerra y Dos Brazos de Rincón (Cordero y Howard 1990, Castillo 1991, Quesada y Castillo 2009).

| Sistema de aprovechamiento | Simbología | Grado de perturbación al bosque |
|---|------------|---------------------------------|
| Sistema de aprovechamiento con bueyes | SACB | - |
| Sistema de aprovechamiento tradicional mejorado | SATM | -- |
| Sistema de aprovechamiento tradicional con tractor | SATT | ---- |
| Sistema de aprovechamiento combinación bueyes - tractor | SABT | --- |

*Donde: - = menor perturbación; -- = mediana perturbación; --- = alta perturbación; ---- = muy alta perturbación.

Sistema de aprovechamiento con bueyes (SACB)

El sistema de aprovechamiento con bueyes utiliza esta clase de animales en la extracción, los cuales son equipados con cadenas y un arco para la extracción de árboles. Si es necesario para las trozas de longitudes mayores se las corta longitudinalmente por la mitad (Castillo y Cordero 1990).

Debido a que las pistas de arrastre son angostas y generalmente, lo único que se requiere es hacer la corta de la vegetación presente en la pista; sin necesidad de hacer movimiento de tierra, la alteración es mínima. Aún cuando la presión por unidad de superficie que ejercen sobre el suelo los animales es mayor que la que ejerce una máquina, el área que necesitan para desplazarse es menor y el efecto negativo que causan es mínimo. Por la baja velocidad a la que viajan, se reducen los daños a los árboles remanentes (FAO 1995).

Sistema de aprovechamiento tradicional mejorado (SATM)

El sistema de aprovechamiento tradicional mejorado es el más utilizado en la corta y arrastre en Costa Rica. Aunque las operaciones tradicionales son destructivas, al ser planificadas, se pueden reducir los daños que se ocasionan al bosque. Por ello se debe procurar una óptima dirección de caída a los árboles, a fin de reducir los daños al sotobosque y a otros árboles del dosel superior, así como evitar que por una mala corta se quiebren o dañen las trozas. Para el arrastre de las trozas se hace uso del “winch”, este se utiliza para halar las trozas hacia las pistas de arrastre, a fin de reducir la presencia de la máquina en el bosque (Cordero 1990).

Sistema de aprovechamiento tradicional con tractor (SATT)

El sistema de aprovechamiento tradicional con tractor es el método utilizado en Costa Rica, el cual es altamente destructivo y sin planificación por lo que se ocasionan grandes daños al ecosistema (Cordero 1990). Castillo (1996), menciona que en la ejecución del Proyecto Alternativas de Aprovechamiento de Bosque Natural establecido por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, en la

Península de Osa en 1990, a pesar de que las labores de extracción no fueron planificadas, la selección de los árboles a cortar si lo fue.

Sistema de aprovechamiento con la combinación bueyes-tractor (SABT)

El sistema de aprovechamiento con la combinación bueyes-tractor intenta reducir el área que perturba la máquina. En este caso, el tractor entra, construye las pistas de arrastre y extrae las trozas con diámetros mayores, mientras que los bueyes se encargan de extraer los diámetros menores a fin de reducir la presencia de la máquina en el bosque (Castillo 1996).

Recuperación del bosque húmedo tropical

La recuperación de los bosques tropicales obedece a diferentes factores, entre los que se menciona la intensidad del aprovechamiento y el estado en que se dañen los árboles remanentes (Castillo 2003).

La intensidad con que haya sido utilizado un sitio no afecta sólo la tasa de recuperación de riqueza de especies, sino la composición florística (al menos en lo que concierne a aquellas especies que colonizan tempranamente). Cuando la tierra se ha utilizado con una intensidad baja o moderada y cuando las fuentes de semillas se encuentran próximas, la riqueza de especies leñosas se recupera en forma muy rápida; en tan solo unas cuantas décadas ya se observan valores similares a los de un bosque primario. Sin embargo, la recuperación de la composición florística es un proceso mucho más lento que la recuperación en la riqueza de especies, en particular si se consideran los individuos del dosel. En las zonas lluviosas de Costa Rica se ha observado que justo después de cortar un bosque y abandonarlo, es muy marcada la tendencia hacia una menor abundancia de especies pioneras y de semilla muy pequeña, como *Cecropia sp*, *Ochroma sp* y *Trichospermum sp*. Es probable que si el suelo mineral no se encuentra expuesto, la vegetación residual y la hojarasca pueden dificultar la germinación y el establecimiento de las especies pioneras de semilla muy pequeña (Guariguata y Kattan 2002).

En un estudio realizado por Morales (2010) en el Corredor Biológico Osa, Costa Rica, en cuatro estadios sucesionales (5-15 años, 15-30 años, mayor a 30 años y primario) los resultados mostraron, que los bosques secundarios presentan una composición florística ($d \geq 5$ cm) diferente respecto a los bosques primarios. El número y abundancia de especies esciófitas y palmás, podrían ser las principales causas en las diferencias florísticas entre los bosques tropicales del Corredor Biológico Osa. Sin embargo, se nota una recuperación y tendencia direccional de los bosques secundarios, de asemejarse a los bosques de crecimiento maduro.

Uno de los factores más importantes en el manejo de un bosque tropical es la velocidad de recuperación que estos presentan como respuesta a la actividad del aprovechamiento. En un sistema policíclico se procura mantener la estructura del bosque para garantizar la regeneración de bienes y servicios de las especies aprovechadas y para asegurar el suministro de bienes y servicios (Castillo 2003). De la capacidad de recuperación del bosque, influenciada por nivel de crecimiento y de cicatrización va a depender la sustentabilidad económica, ecológica y social del ecosistema (Valerio *et al.* 1995).

Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM)

El conocimiento de las características de los diferentes tipos de bosque, su composición, estructura y diversidad florística, deben ser herramientas de uso generalizado para la planeación y ejecución del manejo de bosques y la conservación de su biodiversidad (Pérez *et al.* 2001). Las parcelas permanentes de muestreo también conocidas como unidades de monitoreo, permiten hacer un seguimiento a través del tiempo de los individuos tanto de fauna como de flora. Dicho monitoreo puede ser a mediano o largo plazo dependiendo del horizonte del estudio. Se utilizan principalmente en la evaluación de la dinámica de la regeneración natural, monitoreo de la biodiversidad, crecimiento de la masa forestal, fenología y para la evaluación del efecto de las coberturas sobre el suelo, el agua y la vida silvestre (Melo y Vargas 2003).

Estructura horizontal

La estructura horizontal se refiere al acomodo espacial de los individuos, no es un arreglo aleatorio pues sigue modelos complejos difíciles de analizar. Este comportamiento se puede reflejar en la distribución de los individuos por clase diamétrica, la cual sigue generalmente una forma de “J” invertida para el total de las especies. Esta tendencia no está siempre presente al realizar el análisis por especie (Rollet 1978, Valerio y Salas 1998).

La distribución del número de individuos por clase de diámetro es un reflejo de la dinámica de la población ya que indica la frecuencia de establecimiento exitoso de árboles. Existen distintos patrones de distribuciones que responden a las estrategias particulares de las especies o a factores externos a ellas. Especies que pueden ser muy abundantes en clases diamétricas superiores pero escasas en las inferiores, otras no se hacen presente en clases medias y aparecen solo en los extremos de la distribución, finalmente hay especies que tienden a comportarse en forma de “J” invertida (Pérez 2002). Según Louman *et al.* (2001), los bosques secundarios jóvenes corresponden con frecuencia a estructuras más o menos coetáneas, mientras que los bosques primarios intervenidos y no intervenidos, así como los secundarios maduros, presentan estructuras disetáneas, aunque en muchos casos de forma incompleta.

Los principales factores que determinan la presencia o no de un individuo de una edad determinada en un sitio específico son: la presencia de semilla, el temperamento de la especie en lo referente a necesidades de luz, la frecuencia de apertura de claros, el tamaño de los claros y la estrategia de escape a los depredadores de la especie (Valerio y Salas 1998).

Comerciabilidad

De la gran diversidad florística costarricense (3,3 % de toda la diversidad de plantas del planeta), el grupo de los árboles ha sido el más utilizado, sobre todo por el valor de su madera (Castillo *et al* 2007). La comerciabilidad es una característica subjetiva, la cual se define en función al uso que se brinde a la

madera (en un momento dado) proveniente de una u otra especie, que se desarrolla en forma natural en los bosques. También entran en juego elementos tecnológicos que contribuyen a definir la comerciabilidad (Quesada y Castillo 2010).

Hoy en día tanto para bosques que se exploten por primera vez y los ya intervenidos, el número de especies comerciales es alto, el problema que se presenta es la abundancia que tengan estos en los bosques (Quesada 2001).

En Costa Rica, se estiman en la actualidad cerca de 2000 especies de árboles, que constituyen el 20% del total de la flora costarricense. De éstos un poco más de 300 especies se han utilizado tradicionalmente, ya sea porque producen una madera fina y de alta cotización en el mercado, como el nazareno (*Peltogyne purpurea*), cirri (*Caryodaphnopsis burgeri*), cristóbal (*Platymiscium curuense*), sándalo (*Myroxylon balsamum*) y carey (*Elaeoluma glabrescens*); o bien por tratarse de especies altamente resistentes a las condiciones ambientales o las procesos de descomposición causados por el ambiente, tales como el manú (*Minquartia guianensis*), chiricano (*Humiriastrum diguense*), chiricano triste (*Vantanea barbourii*), entre otros (Castillo *et al.* 2007).

Un porcentaje muy alto de las especies vegetales que crecen en los bosques tropicales de la Península de Osa, son considerados como especies comerciales, y algunas se clasifican como especies de alto valor comercial (finas). Siendo esta una razón por la cual es sumamente importante conocer el comportamiento de las especies que tradicionalmente han sido consideradas comerciales y otras que entran en esta categoría (Quesada y Castillo 2010).

Gremios Ecológicos

En los bosques naturales se pueden encontrar proporciones diferentes de especies con una u otra estrategia y es necesario mantener esta proporción después de una intervención humana. Estas proporciones son particulares para

cada ecosistema, ya que responden a la dinámica de esa comunidad (Valerio y Salas 1998).

Es a partir de las diferentes estrategias que presentan las especies para aprovechar las cantidades limitadas de radiación que se pueden clasificar en especies no tolerantes a la sombra y especies tolerantes a la sombra (Lamprecht 1990, Finegan, 1993):

No tolerantes a la sombra:

- Heliófitas efímeras (HE)
- Heliófitas durables (HD)

Tolerantes a la sombra:

- Esciófitas parciales (EP)
- Esciófitas totales (ET)

Las especies heliófitas efímeras requieren de altos niveles de luz para su germinación y establecimiento, de tal manera que su reclutamiento está restringido a etapas sucesionales muy jóvenes o a claros de bosque grandes. Por lo general son especies que no representan valor desde el punto de vista maderero y su vida es corta alrededor de 15 a 50 años (Sanchún y González 2006). Las heliófitas durables son especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga. Las semillas mantienen la viabilidad por menos tiempo que las heliófitas efímeras. Además de colonizar espacios abiertos, pueden regenerar en claros más pequeños del bosque, aunque requieren altos niveles de luz para poder establecerse y sobrevivir (Finegan 1993). Por su parte las especies esciófitas, se pueden establecer y desarrollarse con bajos niveles de iluminación. Por lo consiguiente, se cree que las especies esciófitas se regeneran en etapas sucesionales dominadas por especies heliófitas (Sanchún y González 2006). Las semillas y frutos de estas especies generalmente son de tamaño mediano a grande. Requieren necesariamente de un grado de iluminación, alcanzar el dosel, para pasar de las etapas intermedias hacia la madurez (Finegan 1993).

Debido a lo anterior, el manejo de estos gremios ecológicos se ha convertido en una opción práctica para manejar bosques ricos en diversidad florística, en contraste al manejo de especies individuales (Panayotou y Ashton 1992).

Crecimiento

La determinación de las existencias en una masa forestal en un momento dado es de naturaleza estática, en la medida que no considere la evolución de la misma a través del tiempo. Los resultados que se obtengan por sí solos, atribuyen al bosque una naturaleza inerte que no corresponde a su condición de población viva o dinámica y en permanente producción (Quesada 2001).

En bosques sometidos a manejo forestal, es importante determinar cuáles son las tasas de crecimiento que presentan las especies con el objetivo de proyectar ciclos de corta y evaluar la aplicación de tratamientos silviculturales que estimulen el crecimiento de las especies (Quesada y Castillo 2010).

El crecimiento de los árboles se ve afectado por muchas variables, como pueden ser: competencia, suelo, edad, especie, genéticos, madurez, estado fitosanitario, entre otras (Quesada y Castillo 2010). Sin embargo en este informe no se entrará en detallarlas, debido a que la variable que más afecta a la masa es la cosecha y las actividades que esta involucra.

Mortalidad y reclutamiento

El bosque húmedo y lluvioso tropical es un sistema dinámico. La polinización, la diseminación y la germinación forman parte de la experiencia diaria, al igual que la muerte y la caída de los grandes árboles del dosel (Guariguata y Kattan 2002). Dentro de la dinámica del bosque se presenta la caída de un árbol o ramás, lo que produce una apertura en el dosel superior, siendo esta apertura de forma natural o por el aprovechamiento forestal, permitiéndose el aumento de la penetración de luz en el piso del bosque, dando origen principalmente al establecimiento de nueva regeneración y a la activación del crecimiento de los árboles que se encontraran suprimidos en el dosel. La regeneración puede

reaccionar de estas dos maneras: unos podrán continuar su desarrollo y la gran mayoría no sobrevivirán debido a que no son las condiciones ideales para su desarrollo (Pérez 2002).

La caída de un árbol no es un proceso totalmente aleatorio en el espacio. Los árboles que se encuentran más cercanos a la orilla de los claros tienen más probabilidades de caer que aquellos que se encuentran más alejados; además de que tienden a caer hacia el centro del claro preexistente (Young y Hubbell 1991). La continua formación de claros (de distintos tamaños) permitirá la coexistencia de un gran número de especies de árboles. La diferencia en la cantidad de luz disponible que se observa en función del tamaño del claro sugiere, además, que la formación de claros puede propiciar una gran diversidad de especies (Guariguata y Kattan 2002).

El conocimiento de la mortalidad arbórea como mecanismo de funcionamiento de los ecosistemas boscosos, es fundamental en la formación de modelos que permitan la generación de estrategias de manejo sostenible y conservación para los mismos. La mortalidad de los árboles ocurre en diferentes escalas de intensidad, espacio y tiempo, siendo el reflejo tanto de procesos endógenos como la senescencia de los individuos, así como de disturbios exógenos (rayos, tormentas y temporales) (Melo y Vargas 2003).

Por otro lado, Melo y Vargas (2003), definen reclutamiento como la capacidad que tiene el bosque para incrementar el número de individuos y es una manifestación de la fecundidad de las especies, lo mismo que del crecimiento y sobrevivencia de los individuos juveniles. Desde el punto de vista silvicultural, el reclutamiento mide el número de individuos que anualmente sobrepasan el límite inferior de medición para una distribución de categorías de tamaño.

El reclutamiento, junto con la mortalidad constituye uno de los aspectos más importantes de la dinámica de una población (Londoño y Jiménez 1999).

Composición florística

Una de las principales características de los bosques húmedos tropicales es su alta diversidad de especies vegetales, tanto arbóreas como de otros componentes arbustivos y hierbas (Louman *et al.* 2001). Del total mundial de las especies de plantas vasculares, alrededor de dos tercios (170 000 especies) se encuentran en las regiones tropicales, de las cuales 85 000 están ubicadas en el centro y sur de América. Unas pocas familias de plantas caracterizan la vegetación de los trópicos húmedos como por ejemplo las Myristicaceae, Annonaceae, Musaceae y Ebenaceae. Entre los diferentes bosques tropicales hay gran similitud a nivel de familia, pero hay alta disimilitud a nivel de género y más acentuada aún a nivel de especie. Todas las regiones tropicales tienen altos valores en cuanto a la abundancia de leguminosas especialmente de la subfamilia Caesalpinoideae, al igual que Annonaceae, Euphrobiaceae, Lauraceae, Moraceae, Myristicaceae, Rubiaceae y Sapotaceae. La región neotropical, es caracterizada por las Lecytidaceae con 11 géneros y alrededor de 120 especies (Melo y Vargas 2003). Morales (2010), encontró para el Corredor Biológico Osa, Costa Rica que especies como *Vochysia ferruginea* y *Laetia procera* son las más comunes en bosques de 15-30 años y mayores a 30 años de edad. Por otro lado para el mismo estudio Morales (2010) obtuvo que las familias Moraceae y Fabaceae tienen un peso ecológico importante tanto en bosques primarios como en bosques con edades que van desde los 5 hasta los 30 años. Quesada y Castillo (2004) encontraron en bosques primarios del Parque Nacional Corcovado, Península de Osa que las especies más abundantes pertenecen a las familias Arecaceae, Flacourtiaceae y Myristicaceae, mientras que en los bosques secundarios las principales familias son Fabaceae, Anacardiaceae y Lauraceae.

La riqueza de especies de árboles y composición florística presentan diferencias entre bosques secundarios de diferentes edades de abandono; de igual forma entre bosques primarios y secundarios. La composición florística de especies del dosel y otros estratos del bosque secundario presentan una menor diversidad de especies en comparación con bosques primarios (Guariguata y Kattan 2002).

Metodología

Descripción de los sitios de estudio

Estero Guerra

El sitio Estero Guerra pertenece al Distrito Tercero Sierpe, Cantón Quinto de Osa, Provincia Puntarenas y se ubica en la hoja cartográfica Sierpe 3442 II (escala 1:50 000). Se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo transición a basal. Pertenece al Área de Conservación Osa (ACOSA) y se encuentra dentro del Corredor Biológico Osa y la Reserva Forestal Golfo Dulce (Ortiz 2008). La temperatura media anual alcanza los 25,5 °C y el rango entre la máxima y mínima oscila entre los 30,5 °C y 20 °C, la precipitación media anual estimada es 4320 mm (Castillo 1996).

Los suelos son Entisoles, estos suelos son recientes con poco desarrollo de horizontes, en el que solo hay un epipedon ocrico (amarillento) u horizonte mínimo por acción del hombre. Presenta elevaciones de 0-100 msnm (Ortiz 2008).

Dos Brazos

El sitio Dos Brazos de Río Rincón pertenece al Distrito Segundo Puerto Jiménez, Cantón Séptimo Golfito, Provincia Puntarenas y se ubica en la hoja cartográfica Golfo Dulce 3441 II. Se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo premontano transición a basal. Pertenece al Área de Conservación Osa (ACOSA) y se encuentra dentro del Corredor Biológico Osa y el Parque Nacional Corcovado. La temperatura máxima y mínima oscila entre los 24 °C y 18 °C, la precipitación media anual estimada es 5000 mm (Ortiz 2008).

Los suelos son Ultisoles, con un horizonte argílico (20% de aumento en el contenido de arcillas en la sección de control) con menos de un 35% de saturación de bases en la sección de control, generalmente profundos, bien drenados de color rojo o amarillo y relativa baja fertilidad. Terreno fuertemente

ondulado, con pendiente de 30 - 60%. Presenta elevaciones de 0-100 msnm (Ortiz 2008).

Mogos

El sitio Los Mogos se encuentra en el caserío de Los Mogos, entrada a Taboga. Pertenece al Distrito Tercero Sierpe, Cantón Quinto de Osa, Provincia Puntarenas y se ubica en la hoja cartográfica Golfo Dulce 3441 II. El área está localizada en la zona de vida de Bosque muy húmedo tropical. Pertenece al Área de Conservación Osa (ACOSA) y se encuentra dentro del Corredor Biológico Osa la Reserva Forestal Golfo Dulce (Ortiz 2008). La precipitación tiene un ámbito muy amplio que va desde 3000 a 4000 mm como promedio anual y presenta un período seco bien definido que tiene una duración muy variable (de 0 a 5 meses). La temperatura promedio anual varía entre 24 y 27 °C (Vilchez y Rocha 2004).

Los suelos son Ultisoles, este presenta al Typic Tropohumult como suelo principal y como suelo asociado a Typic Humitropept, estos suelos son rojos, arcillosos, profundos, con fuerte acidez y no presentan acumulación de óxido de hierro y aluminio (OPSA 1979, Castillo 1996). Presenta elevaciones de 0-100 msnm (Ortiz 2008).

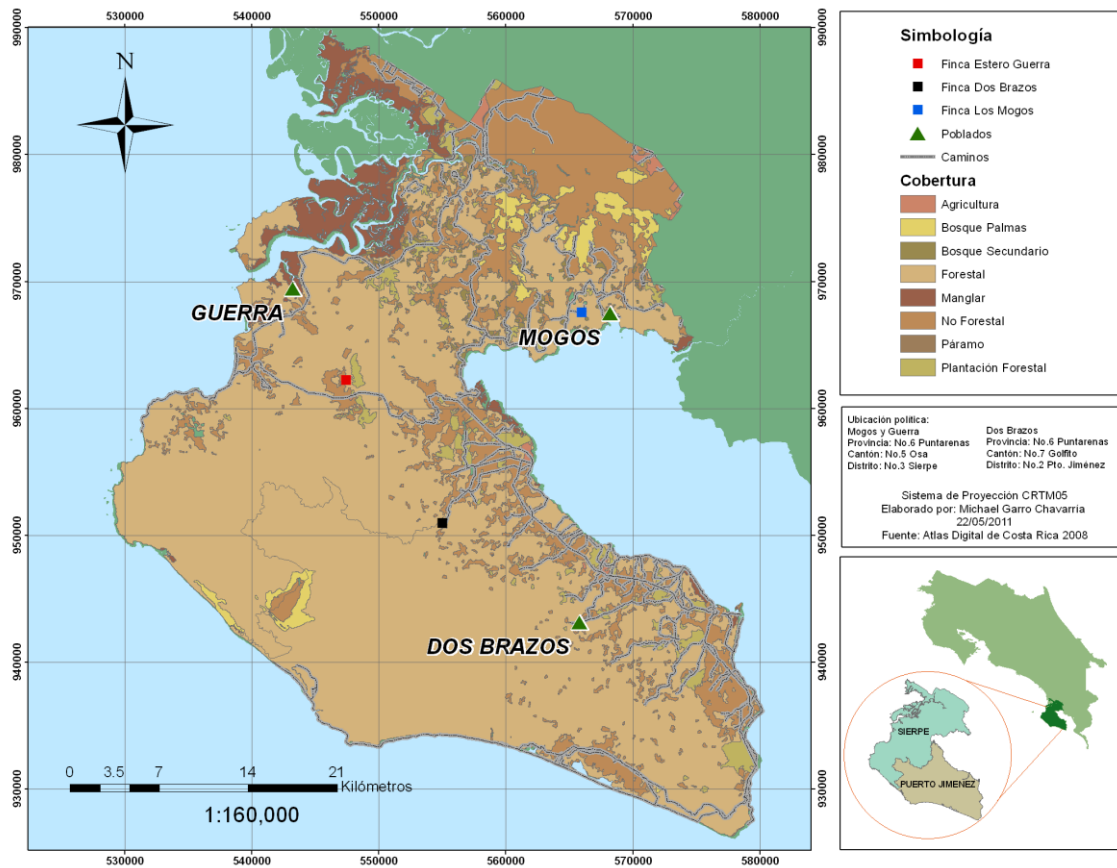


Figura 1. Tipo de cobertura de los sitios Estero Guerra, Dos Brazos de Río Rincón y Los Mogos, utilizados para el análisis de la recuperación del bosque húmedo tropical, Península de Osa, Costa Rica. 2011.

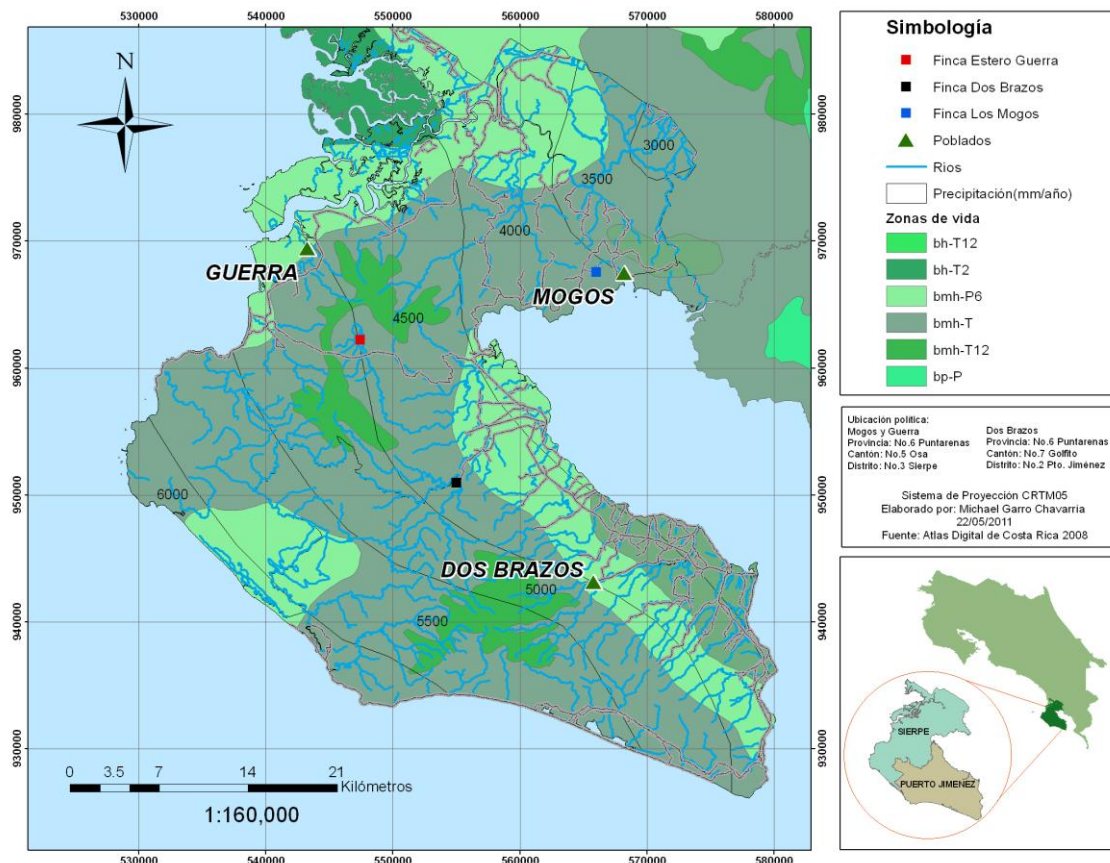


Figura 2. Características ambientales de los sitios Estero Guerra, Dos Brazos de Río Rincón y Los Mogos, utilizados para el análisis de la recuperación del bosque húmedo tropical, Península de Osa, Costa Rica. 2011.

Parcelas permanentes de muestreo (PPM)

Las parcelas permanentes de muestreo a utilizar para el análisis de la recuperación del bosque húmedo tropical de la Península de Osa, en los sitios Estero Guerra, Dos Brazos y Los Mogos, fueron establecidas en el año 1990 por Castillo (1991), como parte del “Proyecto Alternativas de Aprovechamiento Forestal” (Cordero y Howard 1990). En esta ocasión se inventariaron todos los árboles con un diámetro mayor o igual a 30 cm medido a 1,3 m de altura (d), y los individuos con $d \geq 10$ cm en 0,1 ha de cada parcela donde se aplicó cada tratamiento. Esto se debe a que inicialmente la medición de los árboles tenía como objetivo el posterior aprovechamiento; realizado entre 1991 y 1992 en los tres sitios. La fracción de parcela en la que se midió a partir de 10 cm de diámetro tenía como fin posterior un estudio de la regeneración.

La selección de los sitios por Castillo (1991) para establecer las parcelas, se basó en características homogéneas en cuanto a topografía, composición florística inicial del bosque e hidrografía. Las PPM establecidas en Estero Guerra, Dos Brazos de Río Rincón y los Mogos, se encuentran en las propiedades de Hugo Brenes Gonzales, José Ángel Mejías Sibaja y Carlos Montero Díaz, respectivamente (cuadro 2).

Cuadro 2. Propietarios y área del terreno donde se encuentran establecidas las parcelas permanentes de muestreo, Península de Osa, Costa Rica, 2011 (Castillo 1991).

| Sitio | Área de la Finca (ha) | Propietario |
|---------------|-----------------------|--------------------------|
| Estero Guerra | 250 | Hugo Brenes Gonzales |
| Dos Brazos | 80 | José Ángel Mejías Sibaja |
| Mogos | 45 | Carlos Montero Díaz |

Se establecieron cuatro PPM de una hectárea en cada sitio, rectangulares (200 x 50 m) o cuadradas (100 x 100 m); dependiendo de la forma del terreno y facilidad para ubicarlas en cada sitio, cada una, subdividida en 100 subparcelas de 10 x 10 m. Entre cada unidad experimental o parcela permanente se dejó como mínimo una zona de amortiguamiento de 25 m. En cada PPM se realizaron cuatro sistemas de aprovechamientos, los cuales se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en cuatro parcelas permanentes de muestreo de una hectárea, los sitios Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos, Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Parcelas | Sistema de aprovechamiento forestal |
|----------|-------------------------------------|
| 1 | Con bueyes (SACB) |
| 2 | Tradicional mejorado (SATM) |
| 3 | Tradicional con tractor (SATT) |
| 4 | Combinación Bueyes-tractor (SABT) |

La permanencia de las parcelas se ha logrado, gracias al esfuerzo de los proyectos de investigación: *“Alternativas sistemas de aprovechamiento para*

bosques tropicales” (Cordero y Howard 1990), “*Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en bosque natural, para evaluar el aprovechamiento forestal, Península de Osa, Costa Rica.*” (Castillo 1991), “*Comportamiento del bosque natural después del aprovechamiento forestal*” ejecutado entre 1992 y 1995 (Valerio *et al.* 1995), “*Regulaciones al aprovechamiento forestal-REFORMA*” ejecutado entre 1995 y 1997 (Valerio 1995); “*Caracterización de la vegetación del Parque Nacional Corcovado, Área de Conservación Osa, mediante un sistema de parcelas permanentes*” (Quesada y Castillo 2004) ejecutado entre 1997 y 2000; “*Distribución y abundancia de árboles de dosel del bosque húmedo tropical en la Península de Osa*”, (Quesada *et al.* 2007) y por último el proyecto *Demografía de especies comerciales de la Península de Osa* ejecutado entre 2005 y 2008 (Quesada y Castillo 2010).

Metodología del análisis de la recuperación

Para el análisis de la recuperación del bosque se utilizaron bases de datos con información de las variables diámetro a 1,3 m de altura (d), grupo comercial, gremio ecológico e identificación botánica de especies, de todos los individuos. Es importante destacar que en ciertos análisis en que se compararon valores de bosque primario con el bosque intervenido se utilizaron solo los individuos con $d \geq 30$ cm, ya que la extrapolación a hectárea de los individuos con $d \geq 10$ cm en el bosque primario podría generar un error en el análisis de dichas variables.

Con la información obtenida de las bases de datos (años 1990, 2007 y 2011 para Dos Brazos y Mogos) y de las mediciones realizadas en las parcelas de Estero Guerra para el año 2011, se estudiará el comportamiento en la estructura horizontal, índice de valor de importancia (IVI), grupo comercial, gremios ecológicos, crecimiento, tasas anuales de mortalidad, reclutamiento y recambio, diversidad biológica y estado de la conservación en el bosque húmedo tropical de la Península de Osa. Para dichos análisis se promediaron

todos los datos obtenidos en cada sitio (Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos), con el fin de obtener valores por sistema de aprovechamiento.

A partir de los resultados de dicho análisis se procederá a determinar si se ha alcanzado una recuperación del bosque, bajo los diferentes sistemas de aprovechamiento. Por otro lado estos resultados también serán utilizados como base para evaluar la efectividad de los Estándares de Sostenibilidad para el Manejo de Bosques Naturales, Decreto N° 34559-MINAE, aplicados a bosques intervenidos de la Península de Osa.

Estructura horizontal

La caracterización de la estructura horizontal se realizó con los árboles de diámetro mayor o igual a 10 cm siendo la amplitud de la clase de 10 cm. Estas distribuciones se realizaron para el número de árboles por hectárea (N) y para el área basal por hectárea (G). Además se utilizarán los datos de N para la abundancia y sus respectivas frecuencias (F), los de G para la dominancia y con estos calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI), mediante la siguiente sumatoria:

$$IVI = N \% + F \% + G \%$$

Se manipularon las distribuciones diamétricas para comparar N y G, en los años 1990 (antes del aprovechamiento) y 2011 (19 años después del aprovechamiento forestal).

Se determinaron las 15 especies con mayor peso ecológico según el IVI promedio por sistema de aprovechamiento tanto en el bosque primario como intervenido.

Grupos comerciales

El análisis de la recuperación de los individuos comerciales se realizó comparando el comportamiento de los individuos ($d \geq 30$ cm) considerados de valor comercial en el bosque primario (1990) y 19 años después de aplicados los sistemas de aprovechamiento en cada sitio (2011).

Es importante destacar como ya se mencionó anteriormente, la comerciabilidad de una especie, es una característica subjetiva y depende de una serie de factores, como el uso que se le da a la madera en un determinado periodo de tiempo y la tecnología disponible en dicho momento.

En el presente estudio el término comerciabilidad esta dirigido a las especies cuya madera tenga valor en el mercado, por lo que no se toman en cuenta especies maderables que no tengan valor dentro del mercado nacional o especies comerciales pero no por su madera (productos no maderables del bosque).

Se compararon las distribuciones diamétricas de los individuos comerciales y no comerciales, para número de árboles (N) y área basal por hectárea (G) en los tres bosques evaluados bajo los cuatro sistemas aplicados, tanto en el bosque primario como en el bosque 19 años después de la intervención. La comparación entre los dos estados de bosque también se realizó para N y G promedios para cada aprovechamiento con el fin observar diferencias en estas variables de un sistema a otro y el estado de recuperación 19 años después de la intervención.

Gremios ecológicos

Para el análisis de la recuperación del bosque húmedo en los sitios Estero Guerra, Dos Brazos y Los Mogos se determinó la cantidad de individuos (N) y área basal (G) por hectárea ($d \geq 30$ cm) por gremio ecológico para los cuatro tipos de aprovechamiento forestal, con el fin de comparar la proporción de

especies esciófitas, heliófitas efímeras y heliófitas durables, en el bosque 19 años después de realizar cuatro tipos de aprovechamiento forestal.

La clasificación de las especies en su respectivo grupo comercial y gremio ecológico se realizó con base en bibliografía y con la ayuda del ingeniero Marvin Castillo Ugalde, quien estableció las PPM en estudio y ha participado de las posteriores mediciones.

Crecimiento

Para realizar el análisis del crecimiento de la masa arbórea después del aprovechamiento se calculó el incremento corriente anual (ICA mm/año) diamétrico en un periodo de cuatro años (2007-2011) con los individuos con $d \geq 10$ cm. Se analizaron los valores ICA promedio por sistema de aprovechamiento y en cada clase diamétrica.

Se calculó el valor ICA para cada gremio ecológico y los grupos comerciales en cada sistema de aprovechamiento, así como la generación de las curvas de crecimiento por clase diamétrica para los individuos comerciales y no comerciales.

Mortalidad y reclutamiento (dinámica del bosque)

En el análisis de los ingresos para cada uno de los sitios (Estero Guerra, Dos Brazos y Los Mogos) se utilizaron los datos de los individuos que alcanzaron los 10 cm de diámetro a la altura de 1,3 m, en el año 2011, y que no se encontraban en el 2007. Para el análisis de la mortalidad en cada uno de los sitios, se trabajó con los individuos presentes en el año 2007 y que en las mediciones del 2011 no aparecen.

Los resultados obtenidos de las tasas de mortalidad y reclutamiento se promediaron con el fin de obtener tasas anuales para cada sistema de

aprovechamiento y por medio de la diferencia entre estas dos tasas se calculó el recambio anual para método de aprovechamiento.

El cálculo de la tasa de mortalidad anual se realizó por medio de la siguiente expresión:

$$r_m = \left[1 - \left(\frac{N_s}{N_0} \right)^{\frac{1}{t}} \right] \times 100$$

Donde

r_m = Tasa anual de mortalidad expresada en porcentaje

N_0 = Número de individuos inicialmente inventariados

N_s = Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo t de tiempo, $N_s = N_0 - M_u$

M_u = Número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo

t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios

El cálculo de la tasa de reclutamiento se realizó por medio de la siguiente expresión:

$$r_r = \left[\left(\frac{N_t}{N_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \times 100$$

Donde

r_r = Tasa anual de reclutamiento expresada en porcentaje

N_0 = Número de individuos inicialmente inventariados

N_t = Número de individuos inicialmente inventariados más los reclutados durante el periodo t de tiempo, $N_t = N_0 + I$

I = Número de individuos reclutados durante el intervalo t de tiempo

t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios

Diversidad biológica y riqueza de especies

Se calcularon los índices de diversidad Simpson (D), inverso de Simpson ($1-D$), Shannon - Wiener (H') y Alpha de Fisher, para el año 2011 (19 años después del aprovechamiento forestal), con el fin de determinar la diversidad biológica presente después de aplicados los cuatro sistemas de aprovechamiento. Se calculó el índice de Margalef para determinar la riqueza de especies arbóreas

19 después de la intervención y la curva especies – individuos. El cálculo de índices se realizó con el programa libre PAST versión 2.09 (Hammer *et al* 2011), el cual utiliza las siguientes formulas:

Índice Shannon-Weiner (H')

Este índice es independiente del tamaño de la muestra, se basa en la abundancia relativa de cada especie y el número total de individuos de todas las especies encontradas en cada sitio. Además, se fundamenta en que todas las especies tienen la misma probabilidad de ocurrencia en la muestra (Castillo *et al.* 2007). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

Donde

p_i = la proporción de individuos de la especie “i” respecto al total.

Índice de Simpson (D)

El índice de Simpson se basa en el número de individuos de cada especie y el número total de individuos de todas las especies encontradas en el sitio. El índice de Simpson aumenta a medida que la diversidad disminuye, un valor bajo de D significa generalmente la presencia de una especie muy abundante, pues éste le asigna mayor peso a esa especie con mayor abundancia. Al contrario que el Índice de Shannon-Weiner, Simpson no asume que todas las especies tienen la misma probabilidad de estar representadas en la muestra (Castillo *et al.* 2007). Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$D = \sum p_i^2$$

Donde

p_i = la proporción de individuos de la especie “i” respecto al total.

Estado de la conservación

El estado de la conservación se realizó para todas las especies con individuos de $d \geq 10$ cm, inventariados en el año 2011 en los tres sitios, en este análisis no se tomaron en cuenta diferencias entre aprovechamientos ni entre sitios.

Las especies arbóreas encontradas fueron clasificadas según la categoría de conservación, y se identificaron especies en peligro de extinción, con algún grado de amenaza o endémicas. La clasificación se realizó de acuerdo a la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (2008), los Apéndices CITES (2008), especies vedadas por el Decreto No 25700 – MINAE (1997) y especies endémicas citadas por Aguilar y Cornejo (2010).

Estado del bosque 15 años después del manejo

El análisis del estado del bosque 15 años después de realizado el aprovechamiento tiene como fin evaluar la efectividad de los Estándares de Sostenibilidad para el Manejo de Bosques Naturales, Decreto N° 34559-MINAE, para bosques intervenidos de la Península de Osa, Costa Rica.

Se utilizaron las bases de datos de las mediciones realizadas en el 2007 a todos los individuos con $d \geq 10$ cm, en las unidades de muestreo ubicadas en los tres sitios.

Se calcularon los valores de referencia mínimos y máximos para área basal por hectárea y porcentaje de heliófitas efímeras respectivamente, establecidos en dicho decreto, para cada sistema de aprovechamiento y en cada sitio en estudio y de esta manera determinar si estos valores aseguran una sostenibilidad en el aprovechamiento del bosque y si es factible realizar una segunda cosecha en los bosques intervenidos en estudio de la Península de Osa, con base en lo establecido por la legislación actual.

Análisis de los datos

En el análisis estadístico de las variables descritas anteriormente se realizaron pruebas de normalidad Shapiro - Wilks modificado para comprobar una distribución normal de cada conjunto de datos a evaluar y un análisis de varianza con los residuos absolutos de cada grupo de datos para comprobar homocedasticidad (homogeneidad en las varianzas), una vez que se determinó que los datos presentaban una distribución normal y homocedasticidad se realizó un análisis de varianzas para diseño en bloques completamente aleatorio y pruebas Tukey para cada variable, con el fin de determinar si existían diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre los aprovechamientos en cada año. En las variables que se compararon dos estados de bosque (1990 y 2011) se realizaron pruebas t pareadas para determinar si existían diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre las variables de un año a otro dentro de cada sistema de aprovechamiento. Todas las pruebas descritas se realizaron con el programa libre InfoStat versión 2011e.

Resultados y discusión

Estructura horizontal

En los tres sitios evaluados se realizó el análisis de la estructura horizontal por medio del número de individuos por hectárea (N) y el área basal (m²) por hectárea (G), encontrados en el bosque primario y 19 años después de efectuado el aprovechamiento, para todos los árboles con diámetro mayor o igual a 10 cm ($d \geq 10$ cm) medido a 1,3 m de altura.

Cuadro 4. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G), comparaciones Tukey y desviaciones estándar para tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Aprovechamiento | Edad | N | Desviación estándar N | G (m ² /ha) | Desviación estándar G |
|-----------------|----------|-------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| SACB | Primario | 444a | 75,51 | 30,92a | 1,42 |
| | 19 años | 541a | 109,21 | 31,04a | 1,51 |
| SATM | Primario | 456a | 81,78 | 31,82a | 1,24 |
| | 19 años | 586a | 113,03 | 31,59a | 1,75 |
| SATT | Primario | 356ab | 57,97 | 29,59a | 1,03 |
| | 19 años | 566a | 107,18 | 29,77a | 2,04 |
| SABT | Primario | 493ac | 84,87 | 32,08a | 1,47 |
| | 19 años | 540a | 101,92 | 31,16a | 1,66 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor. * Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la condición de bosque primario el menor número de individuos por hectárea lo presentó el SATT y el de mayor cantidad de individuos por unidad de muestreo fue el SABT con 356 y 493 individuos por hectárea respectivamente. Sin embargo este comportamiento no es el mismo 19 años después del aprovechamiento ya que, para esta edad el SABT es el que reporta el menor número de individuos (540) y el SATM es el que presenta la mayor cantidad de individuos en una hectárea (586). Esta variable es la que presenta una diferencia más marcada de un año a otro, con la característica común de que todos los sistemas aumentaron la cantidad de individuos por hectárea con respecto a la condición de bosque primario. El SATT a pesar de

ser el que inicialmente presentaba el menor N es el que más aumentó 19 años después; el reclutamiento para cada sistema de aprovechamiento será analizado más adelante.

Para los tres sitios en estudio se encontró que los bosques en su condición original, el SATT tenía el menor valor de área basal por hectárea y el mayor lo presentaba el SABT con 29,59 m² y 32,08 m² respectivamente. Casi veinte años después de haber ejecutado los aprovechamientos se encontró que el SATM presenta el valor más alto de área basal por hectárea (31,59 m²) y el SATT el dato más bajo con 29,77 m²/ha. Aunque la diferencia entre el G de un año a otro para cada aprovechamiento no es significativa, el SATT es el que presenta el mayor crecimiento de G en 19 años, mientras que otros como SATM y SABT no han alcanzado el área basal reportada originalmente. Por lo tanto el SATT es el que presenta los valores más bajos de N y G en condición primaria y al mismo tiempo es el que presenta el mayor crecimiento en estas dos variables luego de 19 años, a pesar de ser considerado el de mayor perturbación, esto es el resultado de que para el aprovechamiento tradicional analizado en este estudio las operaciones de corta y extracción fueron planificadas, lo que disminuyó el impacto producido en las áreas manejadas y en la masa remanente.

Para las mismas unidades de muestreo en Mogos, Pérez (2002) reporta el menor valor de área basal por hectárea para el SABT (19,96) y el mayor es el SATM (26,11); por otro lado el número de individuos por hectárea menor y mayor son para los sistemas SACB (483) y el SATM (555) respectivamente; para 10 años después del aprovechamiento. Estos resultados mostrados por Pérez (2002) muestran que tanto para 10 como para 19 años después del aprovechamiento el SATM es el que presenta el mayor valor de N, aunque no muestra el mayor crecimiento en comparación con otros aprovechamientos, lo que podría estar sucediendo debido a que este sistema produce una perturbación media, lo que genera una menor área impactada y de aperturas por las operaciones de aprovechamiento y consecuentemente un menor incremento en el número de árboles que aprovechen dichos espacios y una menor mortalidad; este tema será analizado más adelante.

La densidad para los bosques en su estado primario se encuentra entre 356 y 493 individuos por hectárea y el área basal en la misma condición esta entre 29,59 y 32,08 m²/ha lo que indica que se ha dado una recuperación a nivel de cantidad de individuos por unidad de muestreo y en cuanto al área basal, la actual es muy similar a la original, y en los casos que es menor, la diferencia es mínima. Morales (2010) reporta valores de 34,98 m²/ha y 19,12 m²/ha ($d \geq 5$ cm) para bosques primarios y secundarios (15-30 años) respectivamente en Corredor Biológico Osa, Costa Rica. En la Estación Biológica Sirena, Península de Osa, Quesada y Castillo (2004) encontraron un G de 41,58 m²/ha y 808 árboles por hectárea ($d \geq 5$ cm). Córdoba (2002) encontró valores de área basal ($d \geq 5$ cm) entre 20,36 y 23,94 m²/ha dos años después de aplicar aprovechamiento tradicional mejorado en bosques secundarios (23 años), San Carlos, Costa Rica. Quirós (2003) encontró para bosques primarios en la región de Boca Tapada un área basal de 30,1m²/ha y 452 individuos por hectárea ($d \geq 10$ cm).

Luego de comprobar que los datos de G y N se comportaban de forma normal y presentaban homocedasticidad, tanto antes como después del aprovechamiento, se encontraron diferencias significativas en N del bosque primario ($p = 0,0453$) entre los sistemas SATT y SABT y 19 años después del manejo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,4931$). Las pruebas t pareadas no mostraron diferencias entre los N de las dos edades en estudio dentro de cada aprovechamiento (SACB: $p = 0,9449$; SATM: $p = 0,9988$; SATT: $p = 0,9350$; SABT: $p = 0,9974$). El área basal por hectárea en el bosque antes del aprovechamiento es estadísticamente igual en todos los sistemas ($p = 0,8426$); lo mismo ocurre 19 años después del manejo ($p = 0,7693$). El valor de G luego casi 20 años de la intervención no presenta diferencias significativas con el valor del bosque primario dentro cada sistema (SACB: $p = 0,1092$; SATM: $p = 0,5194$; SATT: $p = 0,3912$; SABT: $p = 0,7932$).

El número de individuos por clase diamétrica tiende a aumentar del estado primario a 19 años después del aprovechamiento en la mayoría de dichas clases e independientemente del método aplicado, mostrando una estructura discetánea en forma de “J” invertida (figura 3), como la reportada por diferentes autores en otros bosques tropicales secundarios, intervenidos y primarios

(Louman *et al.* 2001, Quesada y Castillo 2004, Higuchi *et al* 2008, Ruschel 2009, Centeno 2010, Morales 2010).

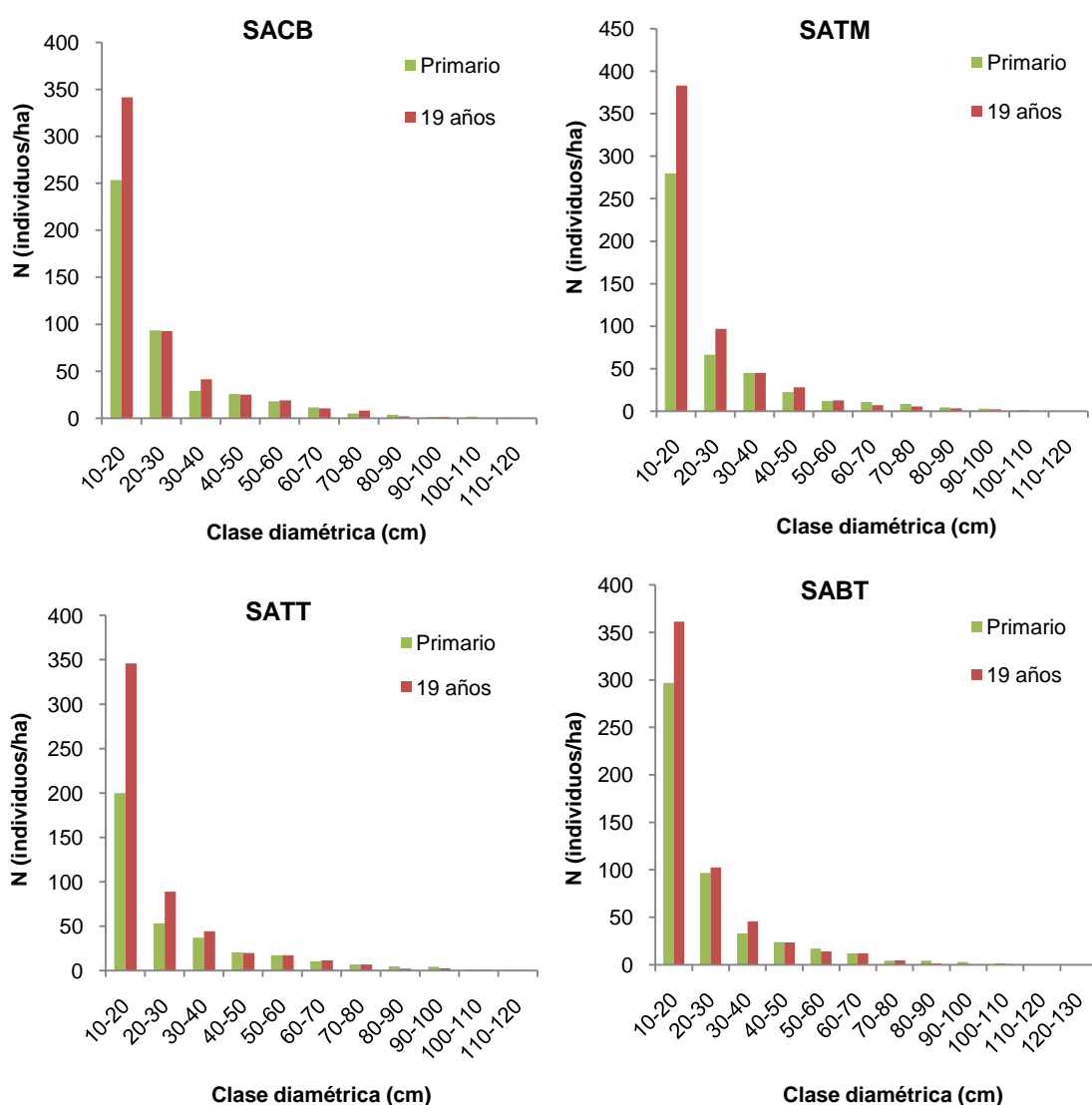


Figura 3. Distribución diamétrica para el número de individuos por hectárea (N), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes – tractor (SABT) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

La figura anterior muestra que el SABT es el que presenta la mayor cantidad de individuos por hectárea en la clase de 10-20 cm de diámetro en bosque primario (297) mientras que 19 años después del aprovechamiento el de mayor valor es el SATM (383) y por el contrario el SATT es el que presenta los valores mínimos de número de individuos por hectárea en bosque primario y 19 años

después del manejo con 200 y 346 respectivamente. En las clases diamétricas siguientes el número de individuos por hectárea tiende a disminuir conforme aumenta el diámetro mostrando la estructura discetánea mencionada anteriormente, y no se observa una diferencia importante entre los aprovechamientos.

El SABL es el que alcanza la mayor clase diamétrica (120-130 cm), representada por un individuo de *Anthodiscus chocoensis* en bosque primario, por lo que este dato no es suficientemente representativo para establecer una verdadera diferencia de este tipo de aprovechamiento con respecto a los otros, tomando en cuenta la distribución diamétrica del número de individuos por hectárea.

Para todos los tipos de aprovechamiento las clases diamétricas entre 30 y 80 cm tienen la misma cantidad de individuos en una hectárea o son levemente superior a los 19 años que en la condición primario, sin embargo los individuos con diámetros mayores a 80 cm aparecen en menor cantidad a los 19 años posteriores al aprovechamiento, incluso en SACB y SABL las mayores clases solo presentan individuos en el bosque primario. Además la mayoría de estos individuos son árboles que en la última medición de bosque primario ya se encontraban dentro de alguna de las tres clases diamétricas mayores y el crecimiento anual de estos es mínimo. Esto refleja la dificultad que tiene los individuos (ya sean remanentes o ingresos posteriores al manejo) para alcanzar grandes dimensiones, aún para bosques con 19 años de recuperación después de un manejo planificado y con una intensidad de uso menor a la causada por cualquier otro tipo de actividad, ya sea agricultura, pastoreo, entre otros. Pérez (2002), reporta para las mismas unidades de muestreo en la región de Mogos 10 años después del aprovechamiento que en general para todos los sistemas de aprovechamiento el número de individuos por hectárea en las clases de 10-20 y 20-30 cm, se presenta un aumento en relación al bosque primario, sin embargo las clases mayores a 70 cm todavía no habían logrado recuperar la totalidad de individuos que presentaban originalmente.

El número de individuos por hectárea en la mayoría de las clases diamétricas muestra una recuperación casi 20 años después y en clases que 10 años

después no había alcanzado, sin embargo la cantidad de individuos en las clases mayores a 80 cm todavía no es la misma que en condición primaria.

La distribución diamétrica para el área basal por hectárea no presenta el mismo comportamiento que la densidad por hectárea, en esta se observa una diferencia más marcada en el área basal de ciertas clases diamétricas y para cada tipo de aprovechamiento el comportamiento del área basal es distinto (figura 4).

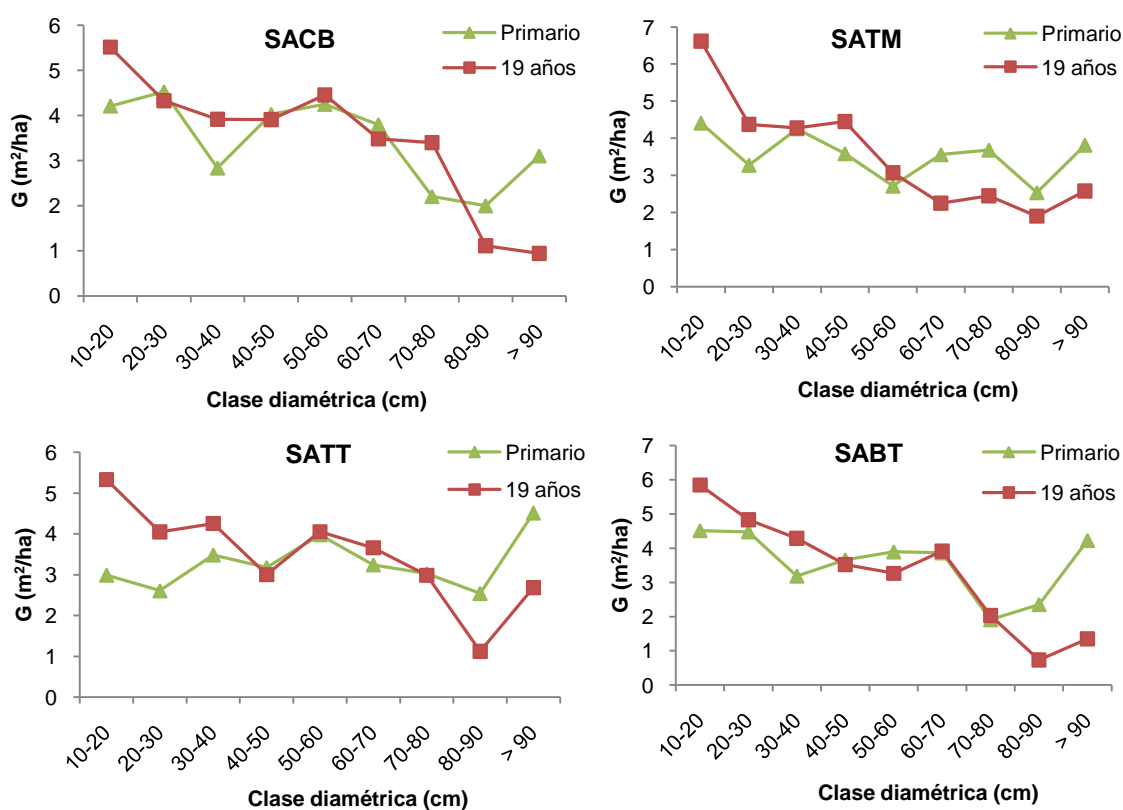


Figura 4. Distribución diamétrica para el área basal por hectárea (G), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes-tractor (SABT) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

El SACB 19 años después del aprovechamiento muestra un aumento en el área basal por hectárea para las clases diamétricas de 10-20, 30-40 y 70-80 cm con respecto al bosque primario y para las clases 20-30, 40-50 y 60-70 cm y mayor a 80 cm presenta un área basal menor a la original. A diferencia de este sistema de aprovechamiento el SATM muestra un comportamiento más

marcado donde se da un punto en el que el área basal para 19 años después del manejo, pasa de aumentar a disminuir en la clase de 50-60 cm, la última donde se observa un mayor G para los bosques en su estado actual. A partir de los 60 cm de diámetro el área basal tiende a disminuir hasta la última clase, además de ser menor a la reportada para el bosque primario.

El SATT y el SABT muestran un aumento en el área basal por hectárea 19 años después del aprovechamiento en relación a la condición primaria en las tres primeras clases diamétricas. En la clase de 40-50 cm el SATT es menor en área basal actual mientras que las clases entre los 50 y 80 cm de diámetro presentan una mayor área basal actualmente. Por otro lado el SABT presenta una menor G para las clases de 40 a 60 cm de diámetro en su estado primario y lo supera en las clases diamétricas entre 60 y 80 cm. Tanto el SATT y el SABT no recuperan el área basal por hectárea original, en las clases mayores a 80 cm de diámetro 19 años después del aprovechamiento.

La distribución por clase diamétrica del área basal puede reflejar el grado de intervención que ha ocurrido en un bosque, los bosques no intervenidos generalmente muestran una acumulación de área basal en la última clase diamétrica (Louman *et al.* 2001). La distribución diamétrica del área basal por hectárea para 19 años después del aprovechamiento, tiende a disminuir conforme aumenta el diámetro, hasta la clase entre 80-90 cm de diámetro, con una agrupación en la clase mayor a 90 cm de diámetro, mientras que para el bosque primario el comportamiento de G es más constante en las clases diamétricas y con una marcada agrupación en los diámetros mayores a 90 cm. Independientemente del aprovechamiento aplicado las clases mayores a 80 cm de diámetro no muestran una recuperación del área basal existente antes del aprovechamiento. Sin embargo datos de área basal encontrados por Pérez (2002), 10 años después de aplicados los aprovechamientos en la región de Mogos indican que la recuperación del área basal en las clases mayores a 90 cm de diámetro es posible, aunque a un paso más lento que las clases menores. Quesada (2001) reporta en bosques 9 años después de intervenidos la mayor concentración de área basal en la clase de 10-20 cm de diámetro, lo mismo reporta Centeno (2010) para bosques sometidos a diferentes tratamientos silviculturales, ambos en la región de San Carlos, Costa Rica. Al

contrario Quesada y Castillo (2004) encontraron una concentración del área basal en la categoría mayor a 95 cm de diámetro para bosques primarios del Parque Nacional Corcovado, Península de Osa. Quirós (2003) reporta una acumulación de $G = 6,43 \text{ m}^2/\text{ha}$ en las clases mayores a 80 cm de diámetro para bosques primarios de la región de Boca Tapada.

Índice de Valor de Importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es posiblemente el más conocido y útil para comparar el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema (Melo y Vargas 2003). Entre mayor sea el IVI de una especie mayor es su importancia dentro del bosque (Lamprecht 1990), sin embargo debe tenerse claro que todas las especies son de suma importancia para mantener la dinámica del bosque, tanto en estructura como en composición (Quesada y Castillo 2004).

La figura 5 muestra los porcentajes de IVI para las 15 especies con mayor peso ecológico en los dos años en estudio, por sistema de aprovechamiento realizado.

El SACB presenta porcentajes de IVI muy similares tanto antes como después del aprovechamiento, excepto por la especie *Vochysia ferruginea* la cual no presentaba un peso ecológico importante en el bosque antes del manejo. Las especies *Pouteria laevigata*, *Tapirira myriantha* y *Symphonia globulifera*, aumentaron su peso ecológico 19 años después del aprovechamiento mientras, que especies como *Humiriastrum diguense* y *Copaifea camibar* disminuyeron su porcentaje de IVI luego del aprovechamiento. Por otro lado el SATM presenta las diferencias más marcadas de IVI de un año a otro en las especies *Vochysia ferruginea* y *Pouroma bicolor*, donde ambas aumentaron su importancia ecológica después de aplicado el aprovechamiento por el contrario las especies *Guarea kunthiana* y *Peltogyne purpurea* son las que más disminuyeron el valor de IVI que presentaban en bosque sin intervenir.

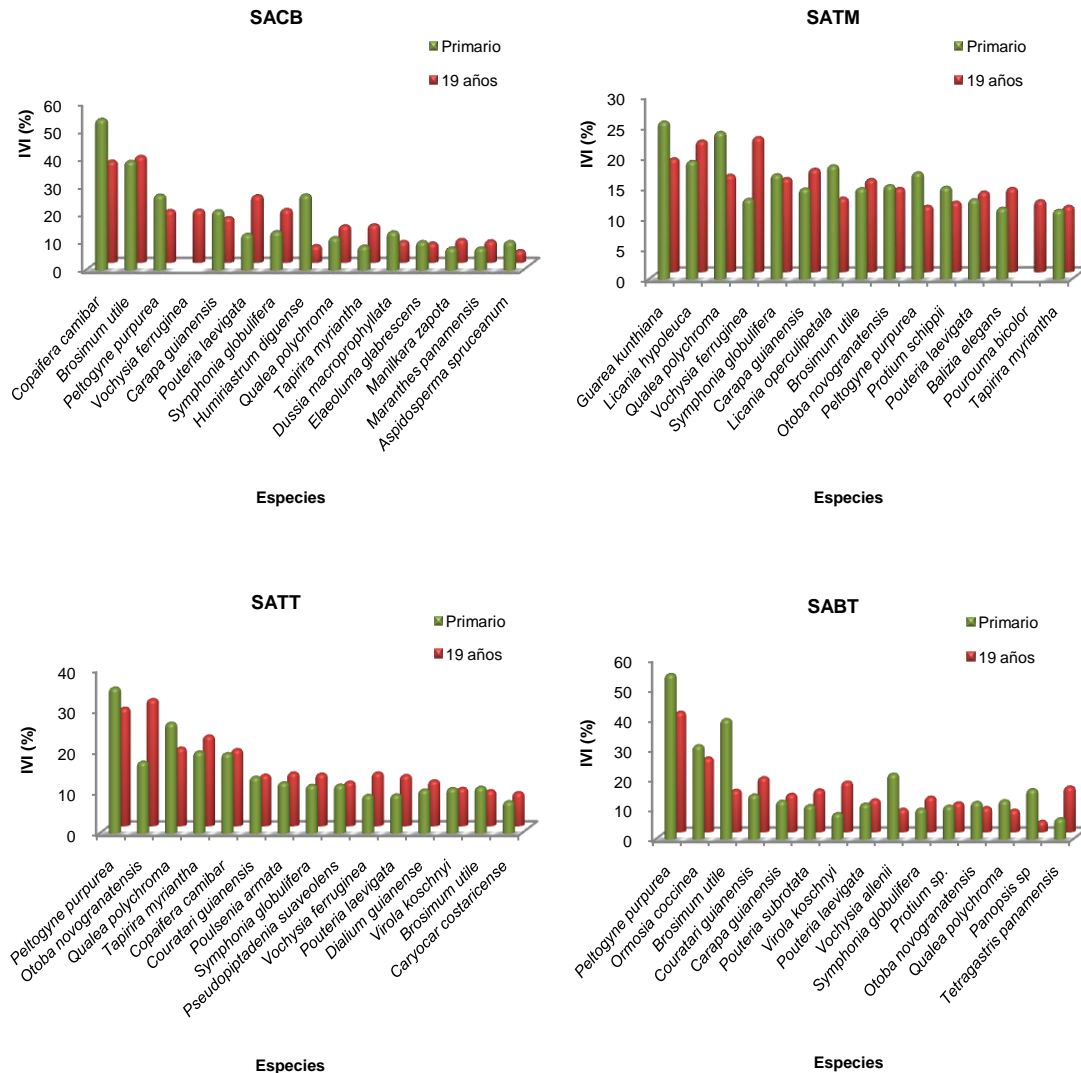


Figura 5. Especies ($d \geq 30$ cm) con mayores porcentajes de Índice de Valor de Importancia (IVI), de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento bajo los sistemas con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes-tractor (SABB) en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

Para el SATT *Otoba novogranatensis*, *Vochysia ferruginea* y *Pouteria laevigata* son las especies que mostraron un aumento marcado en su peso ecológico en el bosque después de la intervención y no se observa una disminución significativa del IVI de alguna especie 19 años después del aprovechamiento.

En el SABB *Virola koschnyi* y *Tetragastris panamensis* son las especies que muestran el mayor crecimiento de IVI casi 20 años después del

aprovechamiento y las especies *Peltogyne purpurea*, *Brosimum utile* y *Panopsis* sp. presentan la mayor disminución de su importancia ecológica después del aprovechamiento.

En los sistemas SACB y SATM las especies *V. ferruginea*, *P. bicolor* y *T. myriantha* que mejoraron su IVI después del aprovechamiento tienen la característica común que pertenecen al gremio de la heliófitas, las especies de este gremio se ven beneficiadas por la apertura de claros y el aumento en la cantidad de luz disponible, lo que ocurre después de realizado un aprovechamiento forestal; producto de la corta de árboles de grandes diámetros, eliminación de cobertura de copa y por la creación de patios, caminos y pistas de arrastre y saca. Louman *et al.* (2001), caracteriza a las especies heliófitas efímeras y durables como intolerantes a la sombra, capaces de regenerarse en claros pequeños en el bosque y con una vida corta y relativamente larga para las durables. Quesada y Castillo (2010) definen el SACB y el SATM como los de menos perturbación al bosque, lo que podría estar beneficiando el crecimiento y la regeneración de especies heliófitas. El análisis del comportamiento de los gremios ecológicos antes y 19 años después del manejo forestal será analizado más adelante.

Morales (2010), encontró para bosques primarios ($d \geq 5$ cm) en el Corredor Biológico Osa, que las especies con mayor peso ecológico eran *Iriartea deltoidea*, *Peltogyne purpurea*, *Cecropia insignis*, *Pausandra trianae*, *Miconia multispicata*, *Carapa nicaraguensis*, *Virola surinamensis*, *Pouteria laevigata*, *Unonopsis theobromifolia*, entre otras. La presencia de especies heliófitas como *C. insignis* y *M. multispicata*, se explica por la presencia de grandes claros dentro de las unidades de muestreo en el bosque primario. Quesada y Castillo (2004) reportan las especies *Otoba novogranatensis*, *Chryosophila guagara*, *Poulsenia armata*, *Mortoniendron anisophyllum*, *Sorocea cufodontisii*, entre otras, como las de mayor importancia ecológica en bosques primarios de la Estación Biológica Sirena, Península de Osa. Cabe destacar que la composición florística de un sitio está determinado por una serie factores entre los que se pueden mencionar clima, edad del bosque, fragmentación, geografía, cercanía de fuente semillera, patrones fenológicos y estrategias de regeneración de las especies presentes, entre otras, por lo que se muestra una

gran variación en composición florística al comparar especies con mayor peso ecológico en bosques primarios de diferentes zonas; aún cuando están dentro de una misma región, como lo que pasa al comparar las especies de mayor IVI del presente estudio con otros sitios también pertenecientes a la Península de Osa.

Dentro del análisis del IVI para cada tipo de aprovechamiento quedaron fuera de dicho análisis especies como *Welfia regia*, *Iriartea deltoidea*, *Mabea occidentalis*, *Compsonaura sprucei*, *Pausandra trianae*, *Sorocea cufodontisii*, *Socratea exorrhiza*, entre otras, las cuales son especies con un peso ecológico importante antes y después del aprovechamiento, sin embargo la mayoría de sus individuos se encuentran dentro del rango de diámetro menor a 30 cm, el cual fue el rango mínimo a partir del cual se midieron los árboles de los sitios en estudio antes del aprovechamiento forestal, razón por la cual las especies mencionadas no aparecen en la figura 5, pero representan un peso ecológico importante dentro del bosque antes del manejo y 19 años después de este.

Para los cuatro sistemas de aprovechamiento las especies *Peltogyne purpurea*, *Brosimum utile*, *Carapa guianensis* y *Copaifera camibar* son las especies que comparten al menos tres de los cuatro sistemas, en ambos años en estudio. En el paso de casi 20 años después del manejo el peso de las especies es muy similar al bosque sin intervenir, excepto por la aparición de algunas especies heliófitas como *V. ferruginea*. Esta información refleja que el sistema de aprovechamiento no influye de manera determinante en la recuperación de las especies de mayor peso ecológico 19 años después de intervenido el bosque.

Grupos comerciales

El análisis del comportamiento del grupo comercial en el bosque primario (1990) y 19 años después del aprovechamiento (2011) se realizó con base a los individuos con un diámetro mayor o igual a 30 cm, medido a 1,3 m de altura. En el bosque en estado primario se encontraron 494 individuos comerciales distribuidos en 89 especies y 277 árboles no comerciales distribuidos en 93 especies en los tres sitios en estudio (Dos Brazos, Estero Guerra y Mogos). En los bosques inventariados 19 años después de realizado el aprovechamiento forestal se encontraron 961 árboles comerciales ($d \geq 30$ cm) de 98 especies y 304 individuos no comerciales distribuidos en 105 especies.

Como se mencionó anteriormente el valor comercial de una especie depende de diferentes factores en un momento determinado como el uso que se le da a la madera de una especie u otra y la tecnología disponible. En el año 1990 cuando se establecieron las unidades de muestreo, la variable comercial era diferente a la actualidad.

La distribución diamétrica de los individuos comerciales y no comerciales en cuanto a árboles por hectárea muestra una forma discetánea común en bosques tropicales, con una disminución en la cantidad de árboles conforme aumenta la clase diamétrica (Figura 6). Por otro lado la distribución diamétrica para G muestra la mayor concentración de área basal en la clase de 60-70 cm de diámetro en el bosque primario, mientras que después del aprovechamiento los valores más altos de G se encuentran en la clase de 50-60 cm de diámetro.

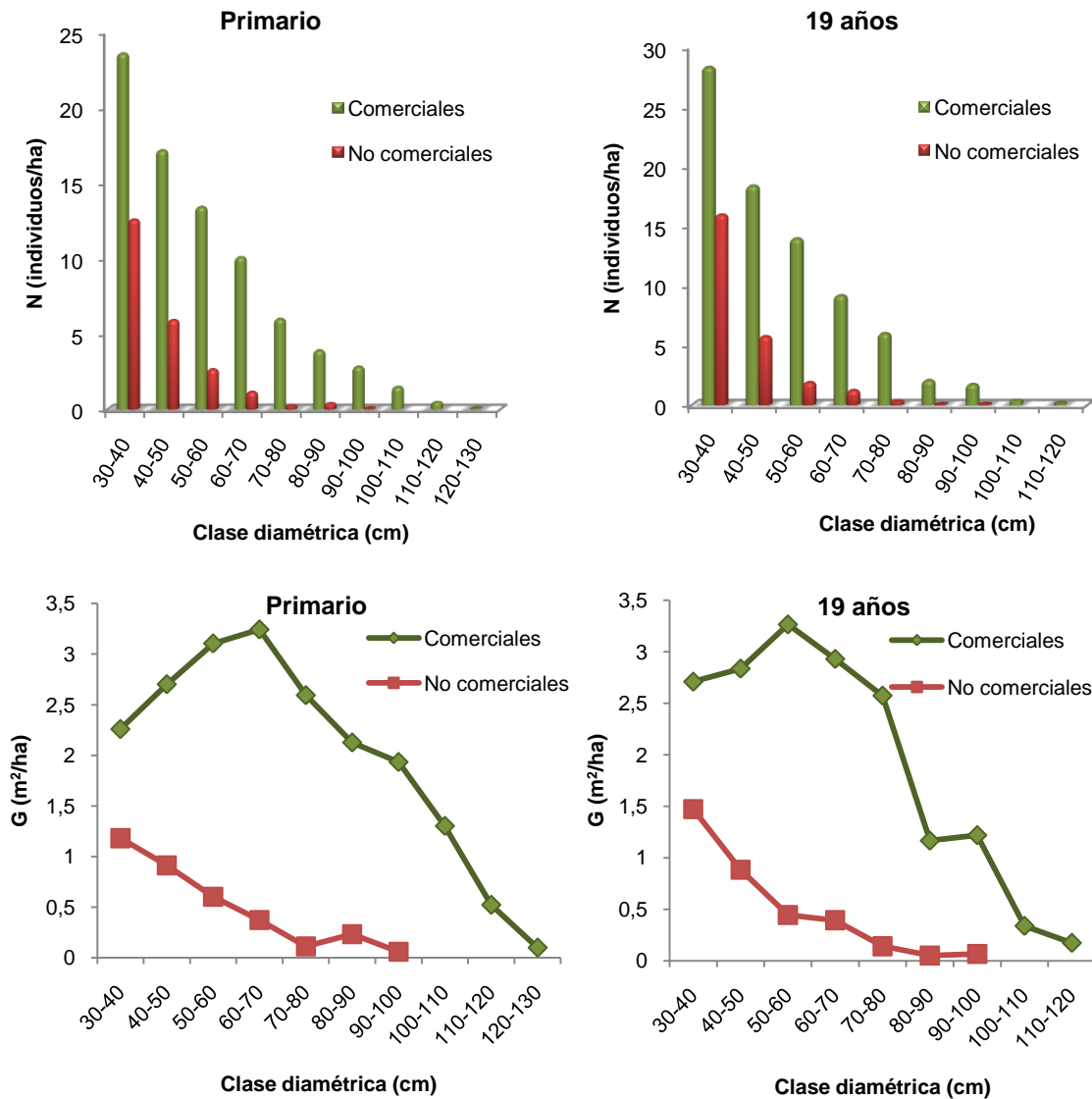


Figura 6. Distribución diamétrica para el área basal (G) y el número de individuos por hectárea (N) de las especies comerciales y no comerciales ($d \geq 30$ cm) de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

Las distribuciones diamétricas mostradas en la figura anterior muestran que el grupo comercial alcanza un mayor tamaño en el bosque primario que en el intervenido, mientras que las no comerciales presentan menores diámetros y no sobrepasan los 100 cm. Los individuos comerciales al igual que los no comerciales presentan el mismo comportamiento en cuanto al N por clase diamétrica, con la mayor concentración en los rangos menores, lo que concuerda con lo presentado anteriormente en cuanto a la estructura horizontal de los bosques para cada aprovechamiento.

En relación con el área basal el comportamiento de los dos grupos sigue la misma tendencia presentada anteriormente, donde los mayores valores de G se encuentran entre los 50 y 70 cm de diámetro, tanto en el bosque primario como el intervenido y mostrando una disminución del G en las clases mayores a 80 cm del bosque manejado con respecto al primario. Córdoba (2002) presenta el mismo comportamiento en N y G comercial para bosques secundarios sometidos a aprovechamiento tradicional mejorado en San Carlos, Costa Rica, donde la mayor concentración de individuos comerciales se encuentra en las primeras clases diamétricas; Centeno (2010) reporta para bosques de esta misma región pero sometidos a tratamientos silviculturales que el comportamiento en N y G sigue la misma tendencia mostrada para los bosques intervenidos de Osa del presente estudio. La figura 6 muestra que los individuos comerciales alcanzan los mayores diámetros tanto antes como después del aprovechamiento, ya que las especies no comerciales por lo general son especies de sotobosque que no llegan a tener grandes dimensiones. Lo mismo se reporta en bosques intervenidos de la región de Huetar Norte de Costa Rica, al comparar cuatro especies comerciales de la zona con otras cuatro no comerciales (Quesada 2001).

Cuadro 5. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G), cantidad total de especies y comparaciones Tukey* de los grupos comercial y no comerciales ($d \geq 30$ cm) de tres bosques en su estado primario y 19 años posterior al aprovechamiento en la Península de Osa, 2011.

| Aprov. | Edad | Comerciales | | | No comerciales | | | Totales | | |
|--------|----------|-------------|-------|-----|----------------|------|-----|---------|-------|-----|
| | | N | G | Sp. | N | G | Sp. | N | G | Sp. |
| SACB | Primario | 78 | 19,43 | 50 | 19 | 2,77 | 39 | 97 | 22,19 | 89 |
| | 19 años | 84 | 17,98 | 58 | 24 | 3,23 | 40 | 108 | 21,20 | 98 |
| SATM | Primario | 78 | 20,56 | 58 | 26 | 3,58 | 43 | 104 | 24,14 | 101 |
| | 19 años | 79 | 17,19 | 61 | 28 | 3,41 | 48 | 107 | 20,60 | 109 |
| SATT | Primario | 84 | 21,09 | 64 | 19 | 2,89 | 41 | 103 | 23,99 | 105 |
| | 19 años | 83 | 18,40 | 67 | 24 | 3,38 | 49 | 107 | 21,78 | 116 |
| SABT | Primario | 71 | 18,45 | 56 | 29 | 4,64 | 38 | 100 | 23,08 | 94 |
| | 19 años | 76 | 15,31 | 63 | 28 | 3,79 | 41 | 104 | 19,10 | 104 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor. * Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

La cantidad de individuos comerciales por hectárea con $d \geq 30$ cm 19 años después del manejo forestal tiende a aumentar con respecto al bosque primario para la mayoría de los sistemas de aprovechamiento, siendo el SATT el que presenta una menor cantidad de árboles por hectárea después de la intervención, sin embargo la diferencia es mínima (un individuo/ha). En cuanto al área basal comercial por unidad de muestreo el bosque primario presenta un valor mayor al actual (19 años después del manejo), en todos los sistemas de aprovechamiento, lo que refleja una recuperación en la cantidad de individuos pero no en las dimensiones de estos. El SACB es el que presenta la mayor recuperación de N comercial y el que muestra la menor diferencia en área basal actual con respecto al bosque primario (1,46 m²/ha).

Para las especies no comerciales el comportamiento es similar en cuanto al número de individuos, siendo el SABT el que muestra un valor menor 19 años después del manejo con una diferencia de un árbol por hectárea. En cuanto al área basal por hectárea los sistemas SATM y SABT son los que presentan menos área basal después del aprovechamiento, siendo la diferencia mayor en el SABT, por otro lado SATT y el SACB son los que presentan un G mayor al del bosque en condición primaria.

El cuadro 5 muestra un aumento en la cantidad de especies comerciales después del aprovechamiento con el SACB como el sistema que muestra el mayor aumento seguido por SABT. A pesar de que el SATT es el que presenta la mayor cantidad de especies comerciales después del aprovechamiento, este muestra un aumento de apenas tres especies con respecto al bosque primario. Quesada y Castillo (2010) establecen al SACB como el que produce el menor grado de perturbación en el bosque y el SATT el de mayor perturbación. Esto favorece el crecimiento de la masa remanente, una menor mortalidad y por lo tanto un aumento en las especies comerciales y en los individuos con diámetros mayores a 30 cm.

Es importante destacar que la cantidad de especies comerciales mostradas en el cuadro 5 es mayor a las no comerciales debido a la gran cantidad repetidas en cada una de las unidades de muestreo donde se realizaron los aprovechamientos y que en general la diversidad es mayor para el grupo no

comercial; como se mencionó anteriormente, pero con una baja cantidad de individuos por cada especie. Morales (2010) reporta una diversidad mayor para el grupo comercial en bosques primarios y mayores a 30 años en comparación a otros bosques secundarios del Corredor Biológico Osa.

La figura 5 presentada en el apartado anterior concuerda con la información mostrada en el cuadro 5, las especies comerciales son las que tiene un mayor peso ecológico en los bosques evaluados con y sin manejo forestal, siendo las especies *Licania hypoleuca*, *Protium schippii*, *Pouroma bicolor*, *Protium sp.* y *Panopsis sp.* las únicas no comerciales ubicadas entre las de mayor importancia ecológica dentro de los bosques en estudio. Esto concuerda con lo reportado por Córdoba (2002) para bosques intervenidos en San Carlos, Costa Rica.

Se encontró que los datos de G, N y número de especies comerciales presentan una distribución normal y homocedasticidad, tanto antes como después del aprovechamiento. El N comercial del bosque primario es igual estadísticamente ($p = 0,3032$) para todos los aprovechamientos y 19 años después del manejo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,7842$). Los tratamientos no mostraron diferencias entre el N comercial antes y después del aprovechamiento (SACB: $p = 0,7271$; SATM: $p = 0,7611$; SATT: $p = 0,3038$; SABT: $p = 0,4450$). El área basal por hectárea en el bosque antes del aprovechamiento es estadísticamente igual en todos los sistemas ($p = 0,7152$); lo mismo ocurre 19 años después del manejo ($p = 0,7236$). En cuanto al número de especies comerciales para cada aprovechamiento en condición primaria no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,2279$), sin embargo 19 años después la cantidad de especies comerciales encontradas en SABT es estadísticamente igual al SATT, pero diferente a SACB y SATM ($p = 0,0045$). Por otro lado la cantidad de especies comerciales antes y después del aprovechamiento son iguales estadísticamente para los cuatro sistemas (SACB: $p = 0,9811$; SATM: $p = 0,9529$; SATT: $p = 0,5630$; SABT: $p = 0,6291$).

Gremios ecológicos

La cantidad de individuos por hectárea de los gremios ecológicos presentes en las diferentes clases diamétricas en bosque primario y 19 años después del aprovechamiento muestra una mayor variación en las clases de 10-20 cm y la de 20-30 cm. La Figura 7 presenta las variaciones de la distribución diamétrica expresada en individuos por hectárea para cada gremio ecológico del bosque primario a 19 años después del manejo.

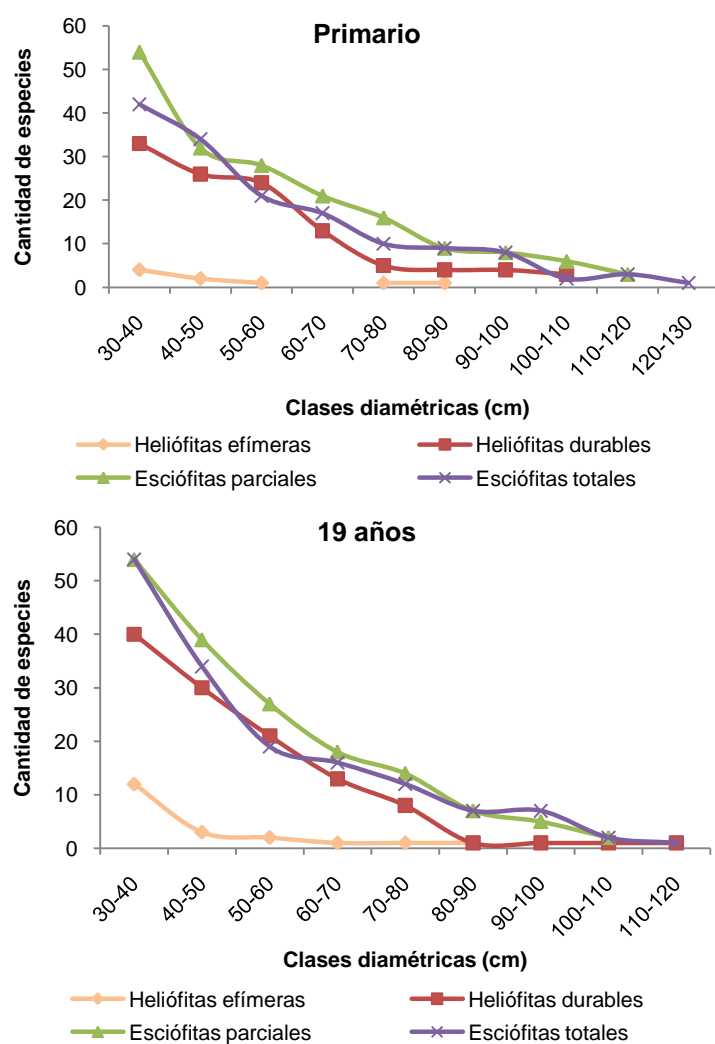


Figura 7. Distribución diamétrica para la cantidad total de especies para los gremios ecológicos heliófita efímera, heliófita durable, esciófita parcial y esciófita total de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

El número de especies para las clases diamétricas de 30-40 y 40 - 50 cm aumento 19 años después del aprovechamiento para todos los gremios ecológicos, en la clase de 60 – 70 cm de diámetro los gremios heliófita efímera y durable aumentan su cantidad de especies después del manejo al contrario de las esciófitas que muestran una disminución luego de la intervención. La figura 7 muestra que en las clases siguientes la cantidad de especies 19 años después de la intervención es menor a la presente en el bosque primario para todos los gremios ecológicos.

Con los datos recolectados del campo se encuentra que el individuo ubicado en la clase entre 120-130 cm de diámetro en el bosque primario corresponde a un *Caryocar costarricense* que no llegó hasta los 19 años posteriores al manejo, mientras que los dos individuos encontrados en las clases de 110-120 cm de diámetro después de la intervención corresponden a las especies remanentes del aprovechamiento *Couratari guianensis* y *Gordonia brandegeei*; de los gremios esciófita total y heliófita durable respectivamente. Esta información muestra que es más común encontrar individuos EP y HD de mayores diámetros ya que después de un aprovechamiento la formación de claros para la realización de todas las operaciones de corta y extracción, favorece la aparición de heliófitas que colonicen dichas aperturas, 19 años después del aprovechamiento todavía se encuentran especies heliófitas durables en las últimas clases diamétricas, ya que estas presentan una mayor longevidad que las efímeras. Lo que evidencia la capacidad de las especies pertenecientes al gremio HD a regenerar en sitios abiertos colonizados ya por efímeras y la longevidad que les permite alcanzar el dosel a posibles remanentes de este gremio después de casi dos décadas del manejo.

Los individuos que probablemente sustituirán los árboles grandes son aquellos que tienen la capacidad de alcanzar el dosel (heliofitas durables y esciofitas parciales) pues muchos de los individuos que se encuentra creciendo en las clases menores no alcanzan grandes alturas y diámetros debido a su corto periodo de vida, estrategias de perpetuación o requerimientos lumínicos (heliofitas efímeras, esciofitas totales) (Quesada y Castillo 2004).

La figura anterior proporciona información sobre la distribución diamétrica para el número de individuos por hectárea de cada grupo ecológico de los bosques antes y 19 años después del aprovechamiento, sin tomar en cuenta el sistema de aprovechamiento utilizado.

La figura 8 muestra la cantidad de árboles por unidad de muestreo para cada aprovechamiento ejecutado, con el fin de obtener más información sobre la recuperación del bosque en cuanto a comportamiento de los grupos ecológicos.

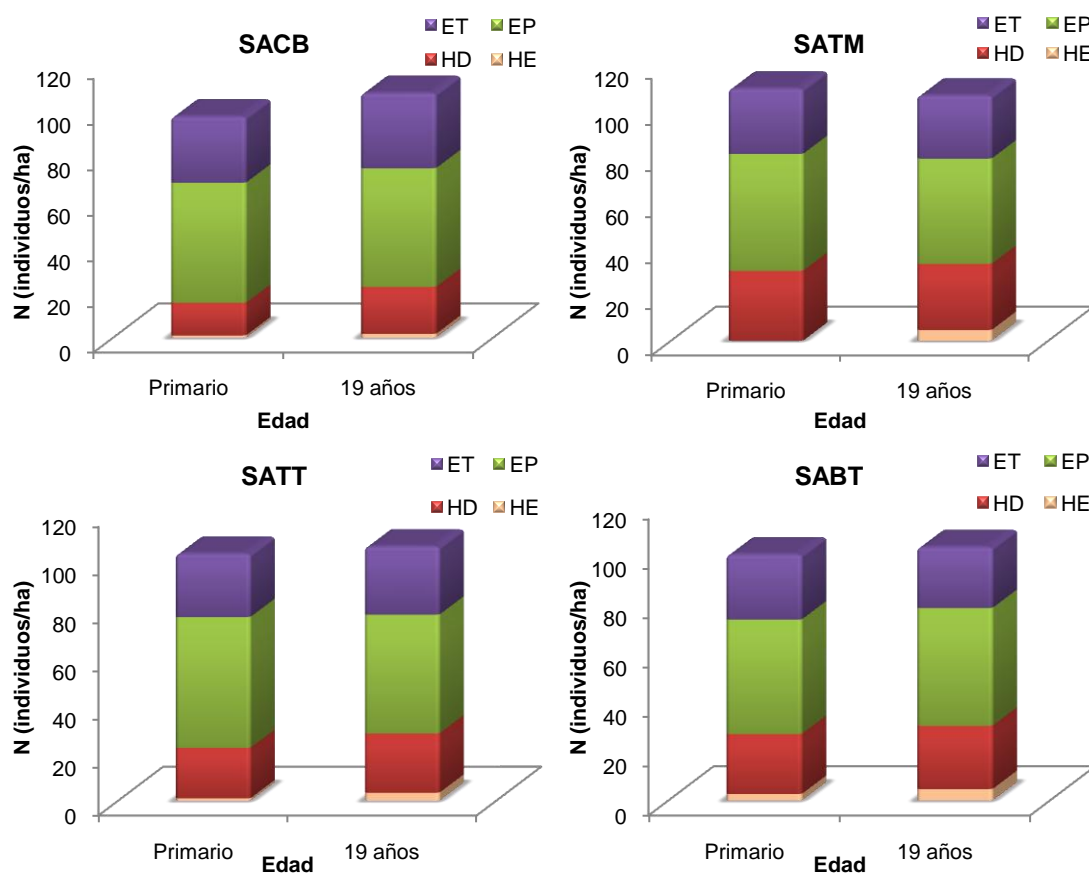


Figura 8. Número de individuos ($d \geq 30$ cm) por hectárea para los gremios ecológicos: heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

Los sistemas de aprovechamiento SACB, SATT y SABT muestran un leve aumento en la cantidad de individuos del grupo ecológico de las heliófitas efímeras 19 años después del aprovechamiento y lo mismo ocurre para las heliófitas durables. Después de la corta de árboles es de esperar un aumento en el número de los individuos de estos gremios, debido al aumento de luz en el sotobosque. Centeno (2010) encontró un aumento en la cantidad de individuos HE (de 0 a 6,86 % de HE, de 1992 a 2010 respectivamente) después de la aplicación del tratamiento silvicultural refinamiento el cual implica la eliminación selectiva de árboles, para disminuir competencia de individuos deseables para el aprovechamiento en bosques de San Carlos, Costa Rica.

En el SATM el aumento de HE por hectárea es más marcado ya que en las unidades de muestreo de este sistema de aprovechamiento no se encontraron individuos de este gremio en condición de bosque primario y además el número de HD por hectárea disminuyó un poco después de 19 años de aplicado el aprovechamiento. Este comportamiento en SATM se debe a la competencia que se produce con la entrada de heliófitas efímeras de rápida colonización y crecimiento por la apertura de claros producto de las operaciones del aprovechamiento, afectando la regeneración en dichos espacios de HD que presentan un crecimiento un poco más lento que las efímeras, las cuales tiene una gran capacidad de establecerse a pesar de que en las unidades de muestreo del bosque primario de dicho aprovechamiento no estaban presentes.

En cuanto a la cantidad de EP por hectárea para los sistemas SACB, SATM y SATT su valor disminuyó 19 años después del manejo y el SABT fue el que presentó un aumento en la cantidad de individuos de este gremio. El número de ET por unidad de muestreo aumentó en los aprovechamientos SACB y el SATT mientras que en los SATM y SABT este grupo tuvo una disminución en el número de individuos por hectárea.

El aumento de ET en el SATT y de EP en el SABT se puede explicar con el hecho de que estos sistemas presentan el mayor grado de perturbación al bosque según Quesada y Castillo (2010), generando también una mayor compactación del suelo y dificultando el establecimiento de especies efímeras durante los primeros meses después del aprovechamiento. Castillo (1996)

reporta que la regeneración de brinzales y latizales en los primeros meses después de la intervención es más favorable en los claros de los sistemas SACB y SATM. Guariguata y Kattan (2002) indican que en las zonas lluviosas de Costa Rica justo después de cortar un bosque es muy marcada la tendencia hacia una menor abundancia de especies pioneras y de semilla muy pequeña como *Cecropia* y *Trichospermum* y que en su lugar la comunidad se ve dominada por especies más longevas y de semillas más pesadas (*Casearia*, *Laetia*, *Vochysia*), probablemente porque el suelo mineral no está expuesto y la vegetación residual y hojarasca dificultan la germinación y establecimiento de especies pioneras de semilla más pequeña.

La figura 9 muestra el área basal por hectárea para cada aprovechamiento ejecutado, la cual muestra un comportamiento diferente al de la figura anterior en la recuperación del bosque para cada grupo ecológico.

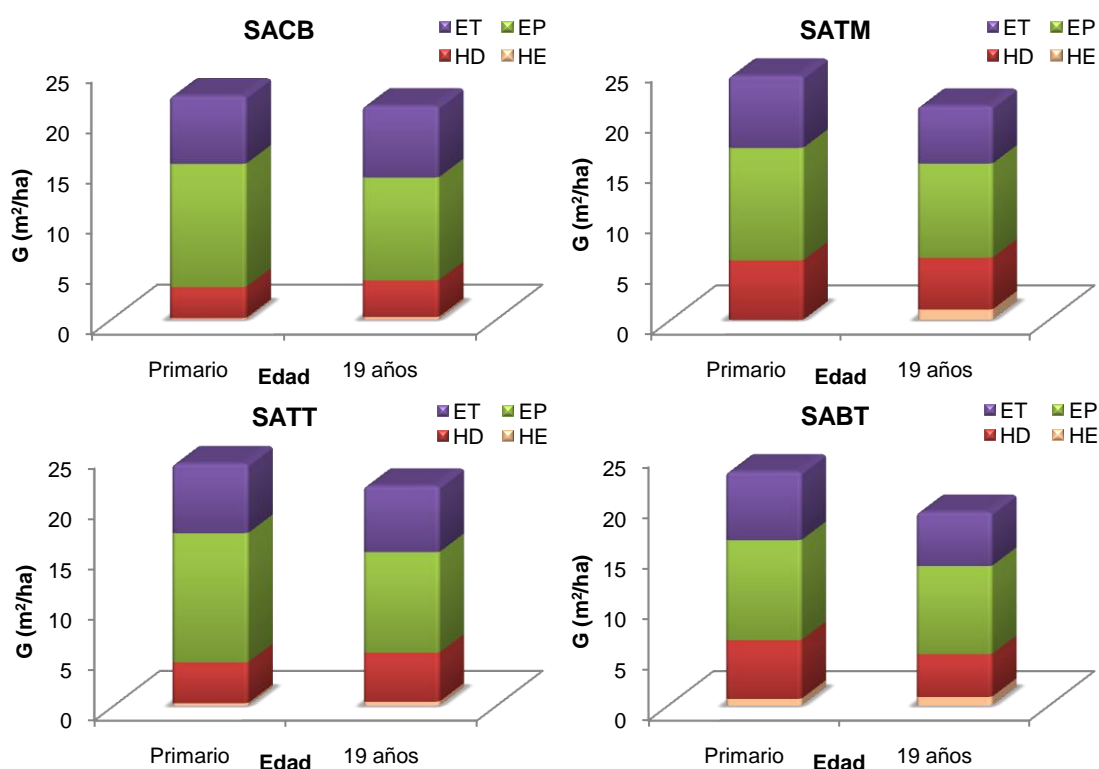


Figura 9. Área basal ($d \geq 30\text{cm}$) por hectárea para los gremios ecológicos heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de tres bosques, antes y 19 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

El área basal por hectárea para las HE aumentó 19 años después del aprovechamiento sin importar el sistema aplicado y para las HD el comportamiento fue diferente y se observa un aumento en el SACB (3,079 m²) y el SATT (4,058 m²) 19 años después y una disminución de este gremio ecológico en el SATM (5,128 m²) y el SABT (4,223 m²) con respecto al bosque sin intervenir.

En cuanto al G del gremio esciófita parcial este decreció 19 años después del manejo forestal (bajo los cuatro sistemas) en relación con el bosque antes de dicho manejo y para las ET el comportamiento fue el mismo excepto para aprovechamiento con el sistema SACB donde se observa un aumento del área basal por hectárea después de aplicado.

El comportamiento de los gremios ecológicos en G y N no muestra una tendencia marcada para algún sistema de aprovechamiento en específico, ya que ambas variables actúan de manera distinta en cada tipo de manejo y en la mayoría de los casos el N y G de los gremios esciófitas no ha recuperado los valores presentes antes del aprovechamiento. Por otro lado en todos los casos el crecimiento de las especies heliófitas efímeras es muy marcado tanto para N como para G y en la mayoría de los aprovechamientos también se dio un aumento de ambas variables en las HD.

El incremento de las especies tolerantes a la sombra en función de la edad del bosque, es un indicador de recuperación y fase de cambio estructural de los bosques (Ruschel 2009, Higuchi *et al.* 2008). Aunque la recuperación del área basal y número de individuos por hectárea de las esciófitas no es igual al que existía originalmente, la diferencia es mínima y en base a la recuperación mostrada se esperaría que en pocos años estas variables sean iguales o mayores a las del bosque sin intervenir.

Se comprobó que los datos de G y N para cada grupo ecológico se presentan una distribución forma normal y homocedasticidad, tanto antes como después del aprovechamiento. El N de los gremios en bosque primario es igual estadísticamente ($p = 0,9066$) para todos los aprovechamientos y 19 años después del manejo tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,9967$). Los tratamientos no mostraron diferencias entre el N

por gremio ecológico antes y después del aprovechamiento (SACB: $p = 0,5436$; SATM: $p = 0,6681$; SATT: $p = 0,4301$; SABT: $p = 0,5554$). Sin embargo al analizar el comportamiento (comparaciones Tukey) de los gremios se encontró que en el bosque primario la diferencia existente entre la cantidad general de N del grupo HE con respecto al resto es significativa, el gremio EP presenta el mismo comportamiento y los gremios HD y ET son los únicos iguales estadísticamente en los bosques antes del manejo ($p < 0,0001$). Este mismo análisis 19 años después de la intervención muestra al gremio HE estadísticamente diferente a los otros, HD no presenta diferencias significativas con EP y EP es estadísticamente igual a ET ($p < 0,0001$). Las pruebas t pareadas revelaron que la cantidad de N para el gremio de las esciófitas parciales es el único en presentar diferencias en esta variable entre el bosque primario y el intervenido ($p = 0,0109$).

El G de los gremios en bosque primario es igual estadísticamente ($p = 0,9737$) para todos los aprovechamientos y 19 años después del manejo tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,8961$). Solo el tratamiento SACB presenta diferencia en el G de los gremios del bosque primario con respecto al intervenido ($p = 0,0199$). Sin embargo al analizar el comportamiento (comparaciones Tukey) de los gremios se encontró que en el bosque primario la diferencia existente entre el G del grupo HE con respecto al resto es significativa, el gremio EP presenta el mismo comportamiento y los gremios HD y ET son los únicos iguales estadísticamente en los bosques antes del manejo ($p < 0,0001$). Este mismo análisis 19 años después de la intervención muestra al gremio HE estadísticamente diferente a los otros, HD no presenta diferencias significativas con ET y EP es estadísticamente diferente al resto ($p < 0,0001$). Las pruebas t pareadas revelaron que G para el gremio de las esciófitas parciales presenta diferencia en esta variable entre el bosque primario y el intervenido ($p = 0,0063$) lo mismo ocurre con ET ($p = 0,0432$). Las mismas pruebas por tratamiento muestran que el SACB presenta una diferencia estadística en el área basal de los gremios en bosque primario con respecto a esta en intervenido ($p = 0,0199$).

Mortalidad y Reclutamiento

El análisis de la mortalidad y el reclutamiento se realizó con los datos de la mediciones realizadas entre los 15 años (2007) y los 19 años (2011) después del aprovechamiento contando con un total de 335 muertos y 504 ingresos para los tres sitios y para los cuatro sistemas de aprovechamiento, las tasas anuales de mortalidad, reclutamiento y recambio para cada tipo de manejo se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Comportamiento de la mortalidad y el reclutamiento (individuos por hectárea y tasa anual), en un periodo de cuatro años para tres bosques manejados bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Aprov. | Mortalidad | | Reclutamiento | | Tasa anual de recambio (%) |
|-----------------|------------|--------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | N | Tasa (%) | N | Tasa (%) | |
| SACB | 19 | 0,938 | 38 | 1,755 | 0,817 |
| SATM | 26 | 1,163 | 52 | 2,252 | 1,090 |
| SATT | 31 | 1,491 | 42 | 1,919 | 0,428 |
| SABT | 36 | 1,611 | 36 | 1,551 | -0,060 |
| Promedio | 28 | 1,301 | 42 | 1,869 | 0,569 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor.

El SABT presenta la mayor tasa de mortalidad y la menor tasa de reclutamiento, aún menor que el porcentaje anual de mortalidad para el mismo periodo de tiempo resultando en una tasa de recambio negativa. Por otro lado el SATM es el que muestra la mayor tasa anual de recambio con una tasa anual de reclutamiento de casi el doble de la mortalidad.

En un bosque en su estado clímax, el volumen y la composición florística se mantienen más o menos constantes, ocurriendo solamente una sustitución continua de unos individuos generalmente los más viejos por otros (Quesada *et al* 2007). Lamprecht (1993) establece que en los bosques maduros, los incrementos y la aparición de nuevos individuos tienden solo a sustituir al material muerto y no necesariamente a un aumento en el volumen o lo que es igual, la tasa de recambio (por ejemplo el área basal) es prácticamente cero, según esto el SACB y el SATT son los que presentan valores más cercanos a

un bosque primario. En la Estación Biológica Sirena se reportan tasas de mortalidad entre 4,21 % y 2,48 % y de reclutamiento entre 4,46 % y 2,35 % para bosques primarios ($d = 5$ cm), mostrando valores muy similares de ingresos y mortalidad (Quesada y Castillo 2004).

La tasa de recambio anual media para los tres sitios tiene un valor de 0,569 %, siendo la tasa de reclutamiento mayor a la mortalidad la tendencia, además este valor de recambio cercano a 0 muestra un bosque menos dinámico y que el porcentaje de ingresos y mortalidad esta cercano a equilibrarse, comportamiento esperado para un bosque primario; también indica que no se han presentado grandes disturbios de origen natural ni humano en los últimos años. Pérez (2002), para la región de Mogos muestra tasas anuales de mortalidad de 0,76 % a 2,25 %, porcentajes de reclutamiento que van de 2,32 a 3,83 y una tasa anual de recambio media de 1,66 % para las mismas unidades de muestreo del presente estudio 10 años después de ejecutados los aprovechamientos. Para bosques intervenidos (10 años) bajo distintas intensidades en la región Huetar Norte de Costa Rica, Quesada (2001) reporta tasas de recambio que van de -0,8 a 10,2 %. Los resultados mostrados por estos autores muestran un bosque más dinámico 10 años después del aprovechamiento forestal, donde la diferencia entre las tasas anuales de mortalidad, ingresos recambio son mayores que las mostradas en el cuadro 4.

Para bosques intervenidos (18 años atrás) de Pital de San Carlos, sometidos al tratamiento silvicultural (un año después del aprovechamiento) refinamiento se reportan tasas anuales de mortalidad y reclutamiento de 2,42 % y 2,09 % respectivamente, para un periodo de ocho años (Centeno 2010). Estos resultados concuerdan con lo observado en el cuadro 6, en que bosques cercanos a los 20 años de intervenidos presentan una dinámica similar a la de bosques sin intervenir.

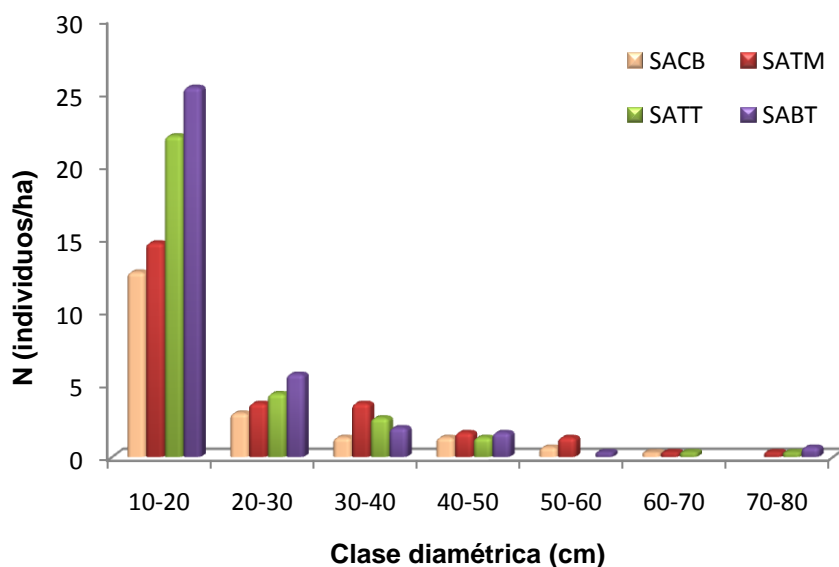


Figura 10. Distribución diamétrica de la mortalidad por hectárea en un periodo de cuatro años, para tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

La distribución diamétrica para la mortalidad por hectárea muestra que el sistema SABT presenta los mayores valores para las dos primeras clases diamétricas seguido por los aprovechamientos SATT, SATM y SACB. A partir de los 30 cm de diámetro la mortalidad disminuye de forma más marcada y la cantidad de individuos por hectárea varía en cada aprovechamiento conforme aumenta el diámetro. En la clase de 50-60 cm el SATT no presenta muerte de individuos en una hectárea, con el SABT ocurre lo mismo pero con los individuos entre 60 y 70 cm de diámetro y el SACB no presenta mortalidad por hectárea para la última clase diamétrica; siendo el SATM el único aprovechamiento que presenta mortalidad en todas las clases diamétricas.

El SABT es el que presenta la mortalidad más alta en todas las clases diamétricas contrario al SACB y al SATM los cuales producen un impacto menor al primero, lo que podría estar relacionado con una mayor mortalidad en las especies pioneras de un ciclo de vida corto, que regeneraron en mayor cantidad poco después del aprovechamiento que produjo más perturbación y

más formación de claros (SABT), comportamiento que será analizado más adelante.

Es importante mencionar que entre las especies con mayor mortalidad entre los 10 y 20 cm de diámetro están *Iriartea deltoidea* (EP), *Cecropia obtusifolia* (HE), *Cecropia insignis* (HE), *Apeiba tibourbou* (HE), *Vochisya ferruginea* (HD), *Trichospermum galeotti* (HE), *Socratea exorrhiza* (EP), entre otras. Algunas de las especies con mayor mortalidad ($d \geq 30$ cm) son: *Aspidosperma spruceanum* (EP), *Licania operculipetala* (HD), *Vochisya ferruginea* (HD), *Virola koschnhyi* (EP), *Tapirira myriantha* (HD), *Protium pecuniosum* (EP), entre otras.

Las tasas anuales de mortalidad, reclutamiento y recambio para cada aprovechamiento y el bosque en general ofrecen una buena información sobre el dinamismo del bosque después del manejo forestal, sin embargo el análisis de estos factores es más amplio a nivel de especies para cada sistema de aprovechamiento, información que muestra la figura 11.

En la figura 11 se observa que las especies que presentan los mayores valores de mortalidad y reclutamiento en la mayoría de los sistemas de aprovechamiento son *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*, siendo estas dos especies esciófitas parciales las que muestran un mayor equilibrio entre el número de ingresos y decesos en el periodo de cuatro años; además de ser especies que se desarrollan bajo dosel donde la disponibilidad de luz es poca, lo que indica que la mayoría de las áreas de bosque muestreadas se encuentran cubiertas por el dosel. Por otro lado *Welfia regia* (EP) aparece entre las diez especies con los mejores ingresos en todos los sistemas de aprovechamiento pero en cuanto a la mortalidad solo se encuentra entre las diez primeras del SATM, lo que indica que para los bosques estudiados *W. regia* es una especie con una buena tasa de reclutamiento y que esta comenzando a incrementar su población 19 años después del aprovechamiento forestal.

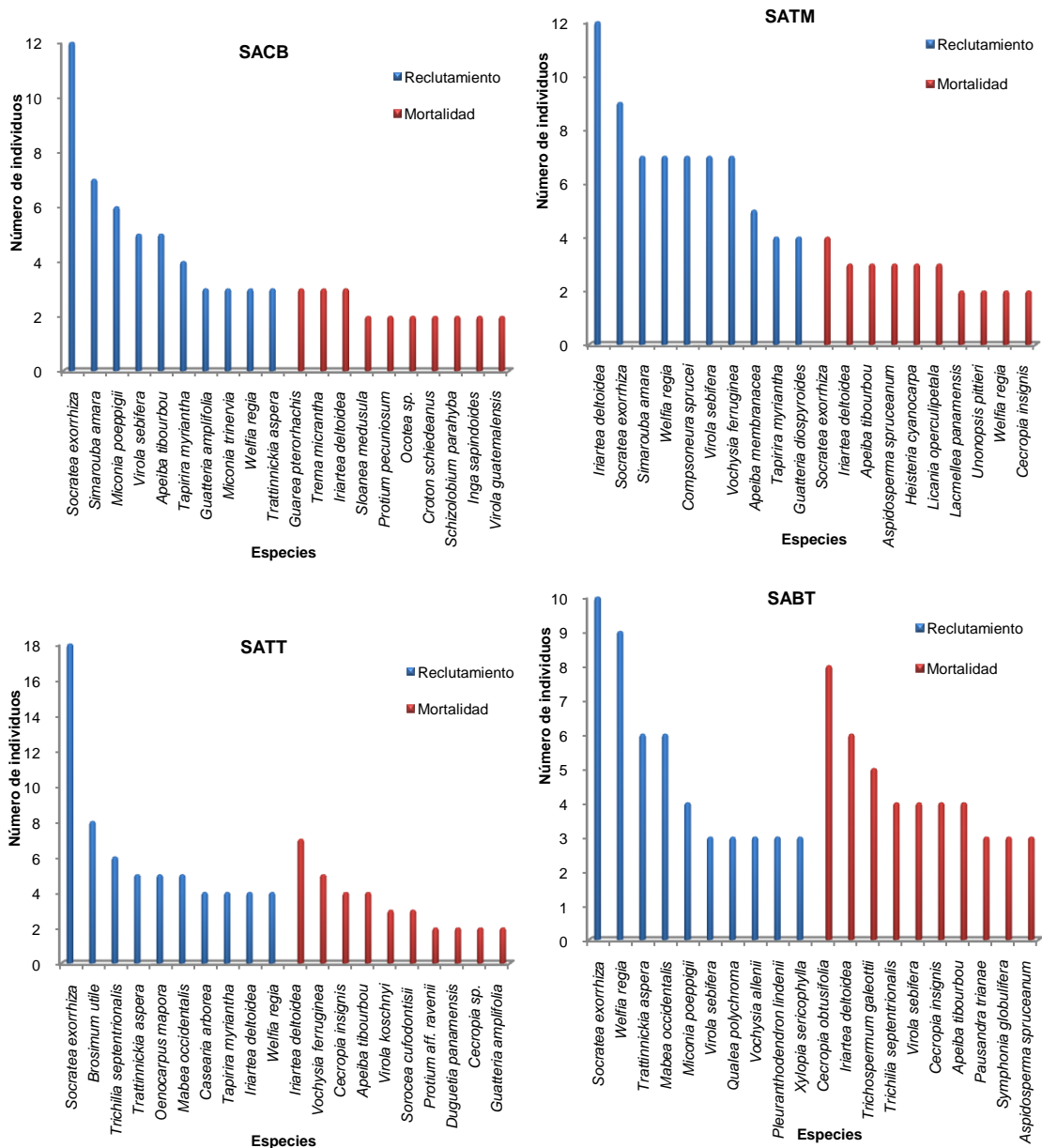


Figura 11. Especies con los mayores valores de mortalidad y reclutamiento en un periodo de cuatro años, para tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

El SACB y el SATM muestran un mayor número de ingresos que de egresos para las diez especies con los valores más altos en estas variables, por otro lado el SATT muestra una mortalidad de la especie *Iriartea deltoidea* mayor que la cantidad que ingresaron en cuatro años y también supera el

reclutamiento de otras especies como *Welfia regia*, *Tapirira myriantha*, *Casearia arbórea*, entre otras. En cuanto al SABT este sistema de aprovechamiento presenta los valores más altos de mortalidad para las 10 especies con respecto a los otros tres sistemas, empezando por la especie *Cecropia obtusifolia*, y seguido por *Iriartea deltoidea* y *Trichospermum galeotti*.

La figura 11 muestra que en el SABT la mortalidad de especies heliófitas como *Apeiba tibourbou*, *Cecropia obtusifolia*, *Cecropia insignis*, *Trichilia septentrionalis* y *Trichospermum galeotti* supera la de otras especies encontradas para este sistema de aprovechamiento y los otros como *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza* que ocupan los primeros puestos en mortalidad. Este comportamiento para el SABT está relacionado con lo presentado en la figura 8 del apartado anterior donde se observa que este sistema cuenta con una mayor cantidad de especies heliófitas antes y 19 años después del aprovechamiento, más adelante este comportamiento se hace más evidente ya que se observa que este tipo de manejo es el que presenta la mayor mortalidad de HE.

El análisis estadístico comprobó que las tasas de mortalidad, reclutamiento y recambio presentan una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza mostró que las diferencias entre los aprovechamientos no son significativas (mortalidad: $p = 0,2412$; reclutamiento: $p = 0,0675$; recambio: $p = 0,1159$). Las pruebas t pareadas mostraron que las tasas de mortalidad y reclutamiento son estadísticamente iguales dentro de cada aprovechamiento (SACB: $p = 0,4992$; SATM: $p = 0,9238$; SATT: $p = 0,9080$; SABT: $p = 0,8065$). Lo que confirma el equilibrio dinámico en que se encuentran los bosques intervenidos en estudio.

Los resultados observados en la figura 11 muestran la relación que existe entre las tasas de mortalidad y reclutamiento con los grupos ecológicos. A continuación se presenta una figura con el reclutamiento y mortalidad por hectárea por gremio en cada sistema aprovechamiento.

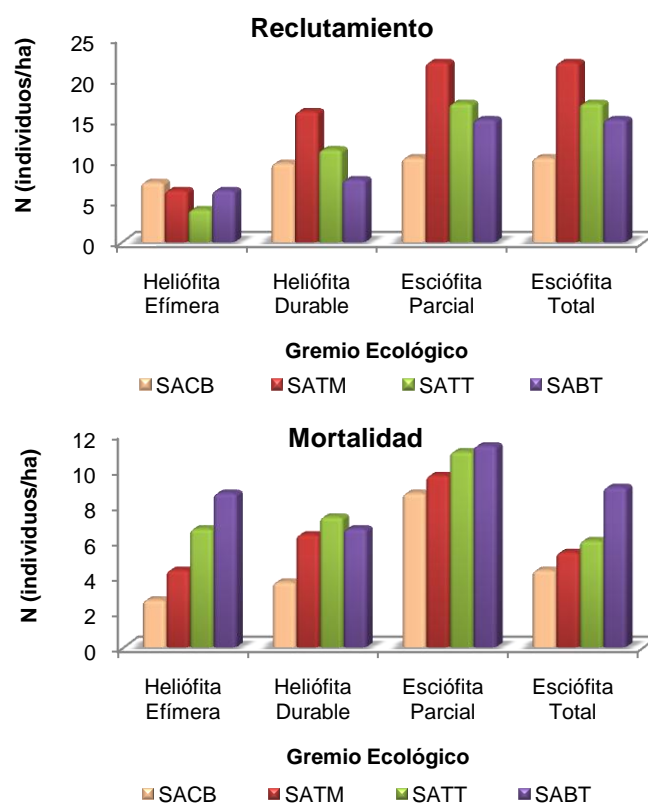


Figura 12. Mortalidad y reclutamiento por hectárea en un periodo de 4 años para cada gremio ecológico, en tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

La mortalidad de las heliófitas fue menor al de las esciófitas para todos los sistemas y es el SABT el que presenta la mayor mortalidad en todos los gremios al contrario del SACB que presenta la menor mortalidad para cualquier gremio, estadísticamente estos dos sistemas presentan una diferencia significativa ($p = 0,060$) en cuanto a mortalidad por gremio. El reclutamiento fue menor para las HE seguido por la HD, EP y ET, cambiando las cantidades de individuos por hectárea de un aprovechamiento a otro, pero siguiendo la tendencia de aumentar de HE a ET. El SACB es el que presenta el mayor reclutamiento por hectárea de HE, la cantidad de ingresos para las HD, EP y ET se ve beneficiado por el SATM.

Los sistemas que presentan los mayores grados de perturbación al bosque (SATT y SABT) son los que presentan una mayor mortalidad y el menor

reclutamiento de HE al contrario de los sistemas SATM y SACB que producen un impacto menor, lo que es de esperarse 19 años después del aprovechamiento ya que en los sitios donde se produjo más perturbación por el sistema aplicado, es donde posiblemente más se favoreció la regeneración de especies pioneras, las cuales tienen un ciclo de vida más corto y casi una década después comienzan a morir y el reclutamiento de estas es bajo debido a que las aperturas ya fueron cubiertas y no hay suficiente disponibilidad de luz.

La figura 12 muestra que el SACB presenta la menor mortalidad en todos los gremios y al mismo tiempo es el que presenta el menor reclutamiento en casi todos los grupos ecológicos excepto por las HE donde es mayor. Sin embargo la diferencia entre la cantidad de ingresos y muertes es baja, indicando una tasa de recambio para todos los gremios cercana a cero como se observa en el cuadro 6. El SABB presenta una mayor diferencia en la cantidad de individuos que ingresan y mueren en una hectárea en cada gremio lo que se evidencia con una tasa de recambio negativa (cuadro 6), con una tasa de mortalidad mayor al reclutamiento.

La mortalidad de especies heliófitas efímeras y durables es menor a la de especies esciófitas parciales y totales (incluidas las palmás dentro de estos gremios), sin embargo la diferencia es poca en proporción a la cantidad de individuos por gremio encontrados en los bosques estudiados (figura 8), la posible razón por la cual se está encontrando más mortalidad de esciófitas es porque los bosques están dominados por especies de este tipo. Este mismo comportamiento de los gremios a nivel de mortalidad se repite en el reclutamiento donde la cantidad de ingresos de esciófitas es mayor a las heliófitas.

Pérez (2002) 10 años después del aprovechamiento en las mismas unidades de la región de Mogos reporta las especies *Cecropia sp* (HE), *Iriartea deltoidea* (EP), *Welfia georgii* (EP), *Socratea exorrhiza* (EP), *Apeiba membranacea* (HE), *Simarouba amara* (HD) y *Trema micrantha* (HE) con las de mayor cantidad de ingresos. Casi 20 años después del aprovechamiento las especies con mayor reclutamiento son *Iriartea deltoidea* (EP), *Welfia georgii* (EP), *Socratea*

exorrhiza (EP), *Virola sebifera* (EP), *Simarouba amara* (HD), *Trattinnickia aspera* (HD) y *Mabea occidentalis* (ET).

Después de 10 años de haber realizado el aprovechamiento las especies con mayor mortalidad eran: *Iriartea deltoidea* (EP), *Welfia georgii* (EP), *Cecropia* sp (HE), *Socratea exorrhiza* (EP) y *Sorocea pubivena* (HD) (Pérez 2002). Luego de 19 años las especies con mayor mortalidad son: *Iriartea deltoidea* (EP), *Cecropia obtusifolia* (HE), *Apeiba tibourbou* (HE), *Cecropia insignis* (HE), *Vochysia ferruginea* (HD) y *Aspidosperma spruceanum* (EP).

En las mismas unidades de muestreo del presente estudios Quesada y Castillo (2010) reportan las siguientes especies como las que presentaron ingresos y mortalidad en un periodo de 12 años (1995 - 2007), en los diferentes aprovechamientos: *Brosimum lactescens*, *Qualea polychroma*, *Aspidosperma spruceanum*, *Brosimum utile*, *Carapa nicaraguensis*, *Dendropanax arboreus*, *Guarea kunthiana*, *Humiriastrum diguense*, entre otras, es importante destacar que todas estas especies son consideradas comerciales y son la que presentan la mayor estabilidad entre mortalidad y reclutamiento 15 años después de la aplicación de los diferentes sistemas de aprovechamiento.

Con el análisis estadístico se comprobó que la mortalidad y el reclutamiento por hectárea presentan una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza mostró que las diferencias en mortalidad de los gremios entre los aprovechamientos SATM y SATT no son significativas ($p = 0,06$) lo mismo se da con todos los sistemas a nivel reclutamiento por gremio ($p = 0,2323$). Sin embargo la mortalidad de las ET y EP son iguales estadísticamente esta misma variable no presenta diferencia significativa entre los gremios HE, HD y ET ($p = 0,0146$). En cuanto a reclutamiento los grupos HE, ET, HD son iguales estadísticamente y para la misma variable EP y HD no presentan diferencias significativas ($p = 0,0003$). Las pruebas *t* pareadas mostraron que la mortalidad y reclutamiento por hectárea de cada gremio son estadísticamente iguales dentro de cada aprovechamiento (SACB: $p = 0,5155$; SATM: $p = 0,9462$; SATT: $p = 0,9890$; SABT: $p = 0,5893$).

Desde el punto de vista de la productividad del bosque después del aprovechamiento y del efecto en esta por los diferentes tipos de manejo es importante analizar la dinámica de los grupos comerciales después de la intervención. A continuación se presenta en la siguiente figura el comportamiento de la dinámica para cada sistema en relación la comerciabilidad.

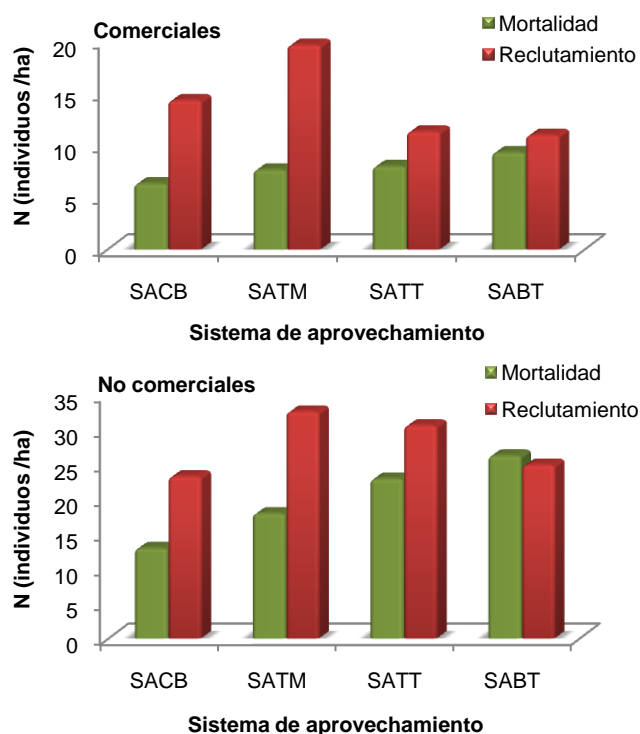


Figura 13. Mortalidad y reclutamiento por hectárea en un periodo de cuatro años para cada grupo comercial, en tres bosques manejados bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

La dinámica de los individuos comerciales 19 años después del manejo forestal muestra que la cantidad de individuos reclutados y muertos por hectárea alcanza mayores valores en el grupo no comercial. En ambos grupos el SATM es el que presenta el mayor reclutamiento por hectárea y el SACB es el que presenta la menor mortalidad. Es importante destacar que los sistemas SACB y el SATM son los que generan menos perturbación en el bosque y son los que 19 años después de aplicados presentan la menor mortalidad y el mayor reclutamiento de individuos comerciales por hectárea, información a tomar en

cuenta desde el punto de vista del efecto de los diferentes sistemas de manejo en la productividad del bosque. Por otro lado el SABT; que presenta un grado de perturbación alto, muestra una mortalidad mayor al reclutamiento en el grupo no comercial. Para los mismos bosques en estudio 15 años después de la intervención Quesada y Castillo (2010) reportan que una gran cantidad de individuos muertos están representados por especies comerciales, que pierden parte de su población por efectos de la mortalidad natural y que después de cinco años de la cosecha se puede considerar como mortalidad natural del bosque.

Los resultados mostrados en la figura 13 reflejan un bosque con una buena productividad desde el punto de vista de individuos comerciales, mostrando una baja mortalidad y alto reclutamiento, en comparación con los no comerciales, sin importar el sistema aplicado, más aún si se toma en cuenta que el grupo comercial es el que presenta mayor cantidad de individuos por hectárea. Sin embargo la diferencia entre mortalidad y reclutamiento en el grupo comercial es más marcada que en los no comerciales, a pesar de no ser significativa estadísticamente (SACB: $p = 0,8501$; SATM: $p = 0,9568$; SATT: $p = 0,9399$; SABT: $p = 0,8188$).

El análisis estadístico comprobó que la mortalidad y reclutamiento por hectárea de los individuos comerciales presentan una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza mostró que las diferencias entre los aprovechamientos no son significativas (mortalidad: $p = 0,8579$; reclutamiento: $p = 0,4573$).

Por otro lado el reclutamiento solo se encontró entre la clase diamétrica entre 10 - 20 cm, ya que para el presente estudio se considera ingreso solo los individuos que alcanzaron los 10 cm o más en la última medición (2011); que en este caso fue a los 19 años después del aprovechamiento y no se encontraron ingresos con un diámetro mayor a 20 cm.

El análisis del comportamiento de la mortalidad y el reclutamiento 19 años después de la aplicación de los aprovechamientos indica por medio de la tasa anual de recambio, la cantidad de heliófitas y esciófitas ingresados y muertos en el periodo de cuatro años y la mortalidad por clase diamétrica, que el

bosque presenta 19 años después del manejo valores muy cercanos a los esperados para un bosque primario, independientemente del tipo de aprovechamiento realizado. Esto concuerda con lo propuesto por Louman *et al* (2001) para bosques que después de un proceso de evolución alcanzan un estado de cambios continuos, que se compensan cada uno, denominado equilibrio dinámico.

Análisis de la diversidad biológica y riqueza de especies

La diversidad se compone de dos elementos, variedad o riqueza y abundancia relativa de especies (Marrugan 1988, Melo y Vargas 2003). La utilización de índices permite dar a conocer con valores numéricos como está compuesta una comunidad boscosa, para esto existe una gran variedad de aspectos que se pueden medir, como: diversidad, homogeneidad, similitud y otros (Pérez 2002). Para conocer la respuesta del bosque en cuanto a diversidad biológica de especies arbóreas ($d \geq 10$ cm), a los diferentes sistemas de aprovechamiento forestal luego de casi 20 de manejados, se estimaron distintos índices de diversidad basados en la riqueza (Margalef) y abundancia relativa de especies (Simpson, Shannon y Alpha de Fisher), los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Número de familias por hectárea, especies por hectárea y valores de diversidad encontrados en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Aprov. | Familia | Especies | Índices de Diversidad | | | | |
|-----------------|--------------|------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------|------------------|
| | | | Simpson <i>D</i> | Simpson 1- <i>D</i> | Shannon <i>H'</i> | Margalef | Fisher_ alpha |
| SACB | 46 | 121 | 0,027 | 0,973 | 4,196 | 19,070 | 48,467 |
| SATM | 44 | 122 | 0,035 | 0,965 | 4,075 | 18,887 | 46,647 |
| SATT | 47 | 133 | 0,027 | 0,973 | 4,245 | 21,027 | 56,640 |
| SABT | 45 | 136 | 0,026 | 0,974 | 4,258 | 21,170 | 56,547 |
| Promedio | 45,50 | 128 | 0,029 | 0,971 | 4,193 | 20,038 | 52,075 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor.

El índice de Simpson (D) se refiere a la posibilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie (Melo y Vargas 2003). Por lo tanto un valor bajo de Simpson indica una menor posibilidad de que dos individuos pertenezcan a una misma especie, mostrando una comunidad más diversa. Basado en dicho índice los aprovechamientos el SABT es el más diverso; sin embargo la diferencia entre este los sistemas SACB y SATT es mínima y el SATM resulta ser el menos diverso. Según Melo y Vargas (2003) en el recíproco (inverso) de Simpson ($1/D$) los valores se expresan en forma recíproca, de esta manera son directamente proporcional a la diversidad.

La diversidad encontrada según el índice Shannon - Weiner (H') indica que los aprovechamientos SABT y SATT son los más diversos, seguidos por el SACB y el SATM. Magurran (1988) indica que el índice de diversidad de Shannon – Wiener varía entre 1,5 y 3,5, y rara vez alcanza valores de 4,5.

El índice Alpha de Fisher muestra los sistemas SABT y SATT como los de mayor diversidad 19 años después del aprovechamiento y el SACB el de menor diversidad. A diferencia del índice Shannon – Wiener y Simpson, en el índice Alpha de Fisher el valor de diversidad no se ve afectado por la abundancia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Medianero *et al.* 2003).

En cuanto a la riqueza de especies los resultados del índice de Margalef muestra valores entre 18,887 y 21,170 para el SATM y el SABT respectivamente, con un valor promedio para los bosques en estudio de 20,038. En cinco regiones de la Península de Osa se reportan valores entre 1,65 y 14,34, sin embargo estos resultados están basados solo en 65 especies comerciales (Quesada *et al* 2007). Guariguata y Kattan (2002) explican que existe una fuerte correlación entre el dinamismo de la comunidad y la riqueza de especies, por lo tanto entre más dinámico sea el bosque mayor es su riqueza; lo que se concuerda con la hipótesis de perturbaciones intermedias (Connell 1978, Guariguata y Kattan 2002), sin embargo estudios presentados por estos autores también indican que dicha relación podría tener un efecto negativo en la riqueza de especies a largo plazo, debido a que un bosque muy

dinámico las lianas y especies pioneras se ven beneficiadas por los claros aumentando la competencia con especies de crecimiento lento del bosque primario y disminuyendo la riqueza de especies a escala local. Este argumento podría explicar la alta riqueza encontrada en los bosques en estudio y su relación con el poco dinamismo discutido anteriormente.

Con el análisis estadístico se comprobó que todos los índices presentan una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas entre los índices de cada aprovechamiento (Simpson: $p = 0,4708$; Shannon: $p = 0,0691$; Margalef: $p = 0,2500$; Alpha de Fisher: $p = 0,1969$).

Louman *et al* (2001) menciona que las curvas de especie-área son deficientes para calcular la riqueza de especies y que se logra información más amplia por medio de medidas de abundancia de especies como las presentadas en el cuadro 7. Berry (2002) indica que las especies se acumulan en función del número de individuos muestreados y no necesariamente en función del área, por lo que es recomendable comparar valores de riqueza de especies con el número de individuos muestreados, cuando estos son de diferentes clases de tamaño.

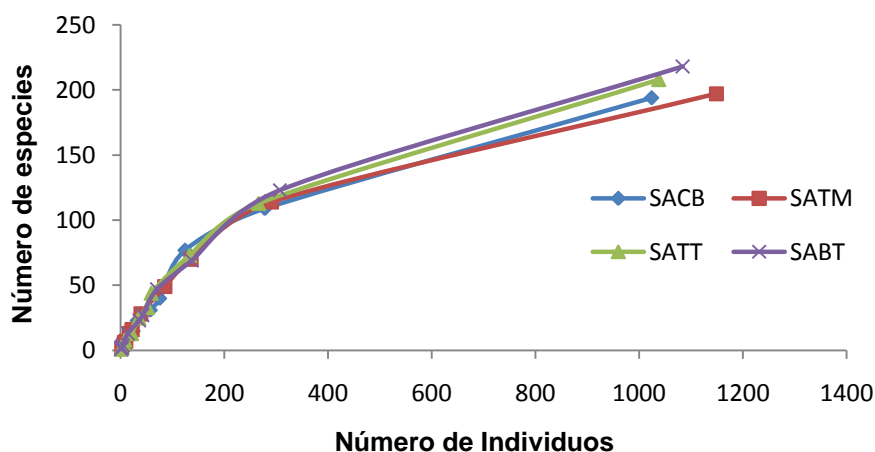


Figura 14. Curva de acumulación de especies por individuos muestreados en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo los sistemas de aprovechamiento forestal: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

La curva acumulación de especie por individuos muestra un comportamiento muy similar para los cuatro sistemas de aprovechamiento, con el SABT con el valor más alto, lo que concuerda con los datos mostrados en el cuadro 7 mostrando los mayores valores de abundancia relativa de especies y riqueza, en los diferentes índices calculados. La figura 14 también muestra un aumento del número de especies conforme aumenta la cantidad de individuos, estos resultados concuerdan con los reportados Morales (2010) para el Corredor Biológico Osa en bosques primarios y secundarios en diferentes sucesiones.

Los resultados mostrados en el cuadro 7 indican que las unidades de muestreo con mayor diversidad 19 años después del aprovechamiento son las que fueron manejadas bajo los sistemas SATT y SABT, contrario a estos los sistemas SATM y SACB son los que muestran la menor diversidad después del aprovechamiento. Los resultados de los diferentes índices de diversidad coinciden con el número de especies por hectárea encontradas para cada tipo de aprovechamiento, donde los sistemas SATT y SABT son los que presentan la mayor cantidad de especies en una hectárea. En el parque Nacional Corcovado, Castillo y Quesada (2004) encontraron 128 especies y 53 familias por hectárea en bosques primarios y en bosques secundarios 96 y 34 especies y familias por hectárea respectivamente. En dos hectáreas de bosques primarios de la Región de Boca Tapada, San Carlos se reportan un total de 140 especies y 41 familias botánicas (Quirós 2002). En el Corredor Biológico Osa se encontraron 111,6 y 72,3 especies en 0,5 hectárea para bosques primarios y mayores a 30 años respectivamente (Morales 2010).

El cuadro 7 muestra valores promedio para los bosques estudiados 19 después del aprovechamiento forestal de 4,193 para el índice de Shannon-Weiner, 0,971 para el índice inverso de Simpson y 52,075 para el índice Alpha de Fisher; dichos valores muestran valores de diversidad mayores a los reportados para otros bosques tropicales, tanto intervenidos como sin intervenir. Morales (2010) encontró para bosques primarios en el Corredor Biológico Osa valores de 3,95, 0,96 y 46,53 para los índices de diversidad Shannon-Weiner, inverso de Simpson y Alpha de Fisher respectivamente. Para bosques intervenidos y sin intervenir de cinco regiones de la Península de Osa (Mogos, Rancho Quemado, Bahía Chal-San Juan, La Palma y Fila

Carbonera) y basado en 65 especies de importancia comercial se reportan valores que van desde 0 a 3,07 para el índice de Shannon-Weiner y de 0,04 a 0,51 para el índice de Simpson (Quesada *et al.* 2007). En la Estación Biológica Sirena, Península de Osa Quesada y Castillo (2004) reportan un valor de diversidad según el índice Shannon de 1,73. Utilizando el mismo índice de diversidad Quirós (2002) obtuvo para la Región de Boca Tapada un valor de 1,75.

En los bosques de la Península de Osa analizados en el presente estudio se observa que 19 años después de realizada la cosecha los valores de diversidad biológica y riqueza de especies arbóreas es alta en comparación con otros bosques tropicales de Costa Rica, con valores en los índices calculados similares a los reportados para bosques sin intervenir y demostrando que después de casi dos décadas de la intervención no existen diferencias en diversidad debido al sistema de aprovechamiento aplicado en cada uno de los sitios en estudio. Se confirma que los bosques de la Península de Osa son ecosistemas sumamente ricos y diversos en cuando a especies arbóreas.

Crecimiento del bosque intervenido

Los cambios que ocurren en la frecuencia, dimensiones y forma de los árboles a través del tiempo, determinan el crecimiento o incremento, el cual puede ser expresado por el tamaño o por algún valor característico de un árbol individual o colectivamente para el bosque total (Melo y Vargas 2003).

El diámetro es el mayor influyente en el volumen maderable y el determinante del área basal por eso se hace mayor referencia a los incrementos en esta variable (Quesada *et al.* 2007).

El crecimiento de las especies en el bosque, está afectado por muchas variables, sin embargo al estar evaluando bosques que han sido manejados, se incorpora la variable de la intervención y como está provoca cambios en el comportamiento de la masa remanente, la cual de igual manera se ve afectada por la capacidad de crecimiento de cada especie, donde la tolerancia tiene un

rol importante (Quesada *et al* 2007). El cuadro 8 presenta el crecimiento expresado en el promedio del incremento corriente anual en un periodo de cuatro años, pasados 15 años desde la ejecución del aprovechamiento forestal.

Cuadro 8. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm) y desviaciones estándar en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Clases diamétricas (cm) | SACB | | SATM | |
|-------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | ICA (mm/año) | n | ICA (mm/año) | n |
| 10-20 | 1,54±1,97 | 859 | 1,64±2,33 | 929 |
| 20-30 | 2,80±3,11 | 274 | 3,30±3,54 | 290 |
| 30-40 | 3,64±5,04 | 124 | 4,11±4,42 | 135 |
| 40-50 | 4,02±5,255 | 74 | 5,41±6,79 | 84 |
| 50-60 | 2,89±3,72 | 56 | 3,39±4,32 | 38 |
| 60-70 | 4,53±14,58 | 32 | 3,51±3,55 | 21 |
| 70-80 | 4,20±7,09 | 24 | 2,44±4,43 | 17 |
| 80-90 | 1,85±3,14 | 5 | 3,15±5,95 | 10 |
| 90-100 | 4,06±6,56 | 4 | 2,68±5,52 | 7 |
| 100-110 | | | 0 | 2 |
| Promedio total | 3,28±5,61 | 1452 | 2,96±4,53 | 1533 |
| Clases diamétricas (cm) | SATT | | SABT | |
| | ICA (mm/año) | n | ICA (mm/año) | n |
| 10-20 | 1,66±2,18 | 823 | 1,89±2,40 | 921 |
| 20-30 | 3,18±3,72 | 261 | 3,6±3,82 | 305 |
| 30-40 | 4,23±4,67 | 131 | 4,62±5,71 | 133 |
| 40-50 | 3,90±4,85 | 57 | 4,41±5,48 | 70 |
| 50-60 | 4,41±5,95 | 51 | 3,89±5,37 | 40 |
| 60-70 | 2,04±3,29 | 33 | 4,94±6,73 | 36 |
| 70-80 | 3,29±4,16 | 20 | 4,85±5,23 | 13 |
| 80-90 | 1,62±2,43 | 6 | 4,37±5,45 | 4 |
| 90-100 | 1,22±2,14 | 8 | 2,75±3,89 | 2 |
| 100-110 | 1,62±2,30 | 2 | 3,87±1,24 | 2 |
| 110-120 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Promedio total | 2,47±3,57 | 1393 | 3,56±4,53 | 1527 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor.

En los cuatro sistemas de aprovechamiento se observa un crecimiento en aumento de los 10 a los 30 cm de diámetro, a partir de los 30 cm el crecimiento

disminuye hasta los 50 cm de diámetro para los sistemas SATT y SABB, el SATM y el SABB presentan un aumento en el crecimiento diamétrico en la clase de 40-50 cm. En la clase de 50-60 cm de diámetro el SATT es el único que sistema aumenta el crecimiento y en la siguiente clase es el único que no muestra un aumento de ICA. A partir de los 60 cm en todos los sistemas el crecimiento en diámetro tiende a disminuir, hasta alcanzar un valor ICA de 0, lo que indica que en los últimos cuatro años los individuos entre los 100 y 120 cm de diámetro no han aumentado su tamaño. Los individuos encontrados en las últimas dos clases diamétricas pertenecen a las especies *Pouteria laevigata* (ET) con dos especímenes y con un individuo *Licania operculipetala* (HD), *Manilkara staminodella* (ET), *Cojoba arborea* (EP), *Gordonia brandegeei* (HD), *Hymenaea courbaril* (EP) y *Couratari guianensis* (ET); lo que muestra que son especies pertenecientes a los gremios esciófitas las que alcanzan las mayores dimensiones y el dosel superior. Además a estas dimensiones no se espera un crecimiento en aumento de las especies esciófitas ya que estos individuos comienzan procesos reproductivos y detienen el crecimiento para desarrollar dichos procesos, por otro lado las heliófitas durables que han alcanzado el dosel superior ya han llegado a su máxima longevidad y pasan a ser árboles seniles. Clark (1994) citado por Guariguata y Kattan (2001) señala que en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, el primer evento reproductivo de las especies de árboles del bosque primario ocurre cuando los individuos logran alcanzar el dosel superior.

El incremento encontrado para los bosques en los últimos cuatro años va desde los 2,47 a los 3,56 mm/año, siendo el SATT el que presenta el menor valor y el SABB el mayor. Para los mismos tres sitios en un periodo de 12 años (1995-2007) se reportan valores en el ICA diamétrico que varían de 2,82 a 3,21 mm/año con el SATM con el menor incremento y el SABB el valor más alto (Quesada y Castillo 2010). Los datos reportados por estos autores y los presentados en el cuadro 8 muestran valores similares de ICA tanto 15 como 19 años después del aprovechamiento, sin embargo se observa una disminución en el incremento diamétrico del sistema SATT y un aumento en el resto de los aprovechamientos (SACB, SATM y SABB), 19 años después del

manejo, en ambos periodos de medición (1995-2007 y 2007-2011) el SABT es el que presenta el mayor ICA diamétrico.

El cuadro 8 muestra que no hay una clase diamétrica que presente valores máximos de ICA para todos los aprovechamientos en la clase diamétrica de 60-70 cm los sistemas SACB (4,53 mm/año) y SABT (4,94 mm/año) presentan picos de crecimiento en diámetro mientras que los sistemas SATT (4,41mm/año) y SATM (5,41mm/año) presentan los valores máximos en las clases 50- 60 cm y 40-50 cm respectivamente. Centeno (2010) reporta para bosques después de 18 años de haber sometidos a aprovechamiento de bajo impacto, valores de ICA que van de 0,22 a 0,73 cm/año, presentando el mayor incremento en la clase de 70-80, para bosques en San Carlos, Costa Rica. Para bosques intervenidos bajo distintas intensidades en la Región de Boca Tapada se reportan valores de ICA diamétrico de 3,12 a 3,8 mm/año en un periodo de 8 años (Quesada 2001). Este mismo autor indica que los máximos ICA se encontraban en las clases entre 40 y 70 cm de diámetro y en las clases siguientes valores menores a 1 mm/año. Hernández y Castellano (2006) encontraron valores en ICA diamétrico de 0 a 0,3 cm/año, reportando los mayores valores en las clases de 30 a más de 50 cm de diámetro, para bosques primarios de la Guayana Venezolana. En relación con los datos mostrados por estos autores el crecimiento de los bosques en estudio es mayor en los diferentes sistemas de aprovechamiento durante los últimos 4 años.

El análisis estadístico demostró que el valor ICA presenta una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los ICA de cada aprovechamiento ($p = 0,3410$).

Para ampliar el análisis del crecimiento de los bosques después de aplicados los diferentes aprovechamientos es útil conocer los valores de ICA por gremio ecológico, dicha información se presenta en la cuadro 9.

Cuadro 9. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm), comparaciones Tukey y desviaciones estándar por gremio ecológico, de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Aprovechamiento | ICA (mm/año) | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Heliófitas Efímera | Heliófitas Durable | Esciófitas Parcial | Esciófitas Total |
| SACB | 3,37±2,43 | 3,64±2,61 | 1,89±1,57 | 1,73±1,95 |
| SATM | 3,96±4,65 | 4,32±6,03 | 1,74±1,68 | 1,77±1,94 |
| SATT | 2,6±3,35 | 4,11±3,12 | 1,85±1,60 | 1,98±2,86 |
| SABT | 3,06±3,12 | 4,70±3,50 | 2,14±2,34 | 2,03±1,79 |
| Promedio | 3,25±3,39a | 4,19±3,82b | 1,91±1,80c | 1,88±2,14c |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor. * Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

El ICA en diámetro para los diferentes grupos ecológicos presenta un comportamiento similar entre los sistemas de aprovechamiento, presentando a las heliófitas durables con el mayor incremento por año seguido por las heliófitas efímeras, esciófitas parciales y totales. Quesada y Castillo (2010) para los mismos bosques intervenidos del presente estudio reporta el mismo comportamiento con los valores ICA mayores para los gremios heliófitas, 15 años después de la intervención.

Estos valores son los esperados basados en las características propias de cada gremio. Entre las especies con ICA igual a 0 se encuentran *Licaria sarapiquensis*, *Ocotea multiflora*, *Astrocaryum standleyanum*, *Cespedecia macrophylla*, entre otras. Con valores entre 0 y 3 mm/año están *Capparis discolor*, *Pouteria virides*, *Bunchonsia macrophylla*, *Tovomitopsis myrcioides*, *Aspidosperma myristicifolium*, *Ilex skutchii* entre otras, es importante destacar que en este intervalo de crecimiento dominan las especies esciófitas.

Entre las especies con valores de ICA entre 3 y 5 mm/año están *Xylopia sericophylla* (HD), *Spachea correae* (HD), *Chimarrhis parviflora* (HD), *Lacmellea panamensis* (ET) y *Tachigali versicolor* (EP) este intervalo de

categoría presenta en su mayoría especies esciófitas parciales y heliófitas durables. Con incrementos mayores a 5 mm/año se encuentran *Jacaranda copaia* (HD), *Brosimum utile* (EP), *Trema micrantha* (HE), *Luehea seemannii* (HE), *Terminalia bucidoides* (HD) y *Vochysia megalophylla* (HD), dominando las heliófitas durables y esciófitas parciales. Quesada (2001) establece tres categorías de crecimiento (crecimiento lento: $ICA < 3$ mm/año, crecimiento regular: $3 \leq ICA < 5$ mm/año y crecimiento rápido: $ICA \geq 5$ mm/año), encontrando la mayoría de especies esciófitas totales en la primer categoría de crecimiento, en la segunda categoría de crecimiento se concentran las esciófitas parciales y la tercer categoría es dominada por las esciófitas parciales y las heliófitas efímeras.

Mediante el análisis estadístico demostró que el valor ICA por gremio ecológico presenta una distribución normal y homocedasticidad y el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los ICA por gremio dentro de cada aprovechamiento ($p = 0,4031$). Sin embargo a nivel general se encontró que el ICA de HD y HE son diferentes estadísticamente entre ellos y con EP y ET; mientras que estos últimos son iguales ($p < 0,0001$). En cuanto a crecimiento de los individuos comerciales los valores ICA presentan una distribución normal y homocedasticidad y no existen diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,3824$).

Es común encontrar especies exigentes de luz en ambientes poco estables o efímeros y por otro lado, especies menos exigentes de luz en ambientes más estables y menos perturbados (Louman *et al* 2001), como lo que ocurre en los tres bosques estudiados 19 años después del manejo forestal, a continuación se presenta un cuadro con las especies que han mostrado el mayor ICA diamétrico en los últimos cuatro años (2007-2011) y los grupos ecológicos a los que pertenecen.

Cuadro 10. Especies con mayor incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm), desviaciones estándar y gremios ecológicos de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal, en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| SACB | | | SATM | | |
|---------------------------------|----------------------|------|--------------------------------|----------------------|------|
| Especie | ICA \pm s (mm/año) | G. E | Especie | ICA \pm s (mm/año) | G. E |
| <i>Beilschmiedia</i> sp. | 13 | ET | <i>Terminalia bucidoides</i> | 34 | HD |
| <i>Vochysia ferruginea</i> | 11,97 \pm 7,08 | HD | <i>Schizolobium parahyba</i> | 32 | HD |
| <i>Vochysia megalophylla</i> | 11,02 \pm 9,71 | HD | <i>Luehea seemannii</i> | 18,75 | HE |
| <i>Miconia poeppigii</i> | 9,37 \pm 6,56 | HE | <i>Jacaranda caucana</i> | 13,75 | HE |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | 8,87 \pm 2,65 | HD | <i>Chaúnochiton kappleri</i> | 11,50 | ET |
| <i>Daphnopsis costaricensis</i> | 8,62 \pm 1,59 | EP | <i>Vochysia allenii</i> | 8,12 \pm 6,89 | HD |
| <i>Lacmellea panamensis</i> | 8,13 \pm 22,18 | ET | <i>Vochysia ferruginea</i> | 7,55 \pm 4,39 | HD |
| <i>Ocotea</i> sp.3 | 7,5 | EP | <i>Clethra hondurensis</i> | 7,50 | EP |
| <i>Simarouba amara</i> | 7,45 \pm 2,96 | HD | <i>Copaifera camibar</i> | 7,25 | ET |
| <i>Vochysia allenii</i> | 7,25 \pm 5,28 | HD | <i>Laetia procera</i> | 7,25 | HD |
| SATT | | | SABT | | |
| Especie | ICA \pm s (mm/año) | G.E | Especie | ICA \pm s (mm/año) | G.E |
| <i>Pouteria bulliformis</i> | 24 | ET | <i>Schizolobium parahyba</i> | 15,5 | HD |
| <i>Gutteria</i> sp. | 15,50 | HD | <i>Jacaranda copaia</i> | 13,75 | HD |
| <i>Jacaranda caucana</i> | 13,58 \pm 0,80 | HE | <i>Vochysia ferruginea</i> | 13,71 \pm 8,08 | HD |
| <i>Cordia bicolor</i> | 12,37 \pm 16,09 | HD | <i>Mouriri</i> sp. | 12,62 \pm 14,32 | EP |
| <i>Abarema barbouriana</i> | 9,50 | EP | <i>Cecropia</i> sp. | 11,50 \pm 1,41 | HE |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i> | 9,25 | HD | <i>Miconia poeppigii</i> | 10,56 \pm 3,89 | HE |
| <i>Gustavia brachycarpa</i> | 8,75 | ET | <i>Trichospermum galeottii</i> | 10,03 \pm 5,76 | HE |
| <i>Vochysia ferruginea</i> | 8,72 \pm 5,47 | HD | <i>Brosimum</i> sp. | 10 | EP |
| <i>Klarobelia stipitata</i> | 8,25 | ET | <i>Brosimum utile</i> | 9,76 \pm 6,48 | EP |
| <i>Vochysia megalophylla</i> | 7,71 \pm 6,82 | HD | <i>Ilex</i> sp. | 9,75 | EP |

Las especies *Beilschmiedia sp.*, *Terminalia bucidoides*, *Pouteria bulliformis* y *Schizolobium parahyba* son las que presentan los valores máximos de ICA diamétrico en los sistemas SACB, SATM, SATT y SABT respectivamente, estas especies tienen en común que solo un individuo alcanzó un incremento tan marcado en los últimos cuatro años, lo que indica que este no es un comportamiento normal en las poblaciones de dichas especies en cada aprovechamiento y que este incremento extraordinario se podría deber a condiciones específicas del sitio en algún momento dentro del periodo de evaluación del ICA. El cuadro 10 muestra que para los cuatro sistemas de aprovechamiento las especies que aparecen entre los 10 valores más altos de ICA en la mayoría de los sistemas de manejo son *Vochysia ferruginea*, *Schizolobium parahyba*, *Vochysia allenii*, *Jacaranda copaia* y *Jacaranda caucana*, las cuales pertenecen al grupo ecológico de las heliófitas durables y como es de esperar las especies heliófitas efímeras también tienen una participación en los primeros 10 valores de incremento diamétrico para los cuatro sistemas de aprovechamiento.

Quesada y Castillo (2010) reportan que las especies que presentan los valores máximos de ICA diamétrico para un periodo de 12 años (1995-2007) son *Vochysia allenii* (SACB), *Ficus máxima* (SATM), *Trichospermum galeottii* (SATT) e *Ilex sp.* (SABT), el cuadro 10 muestra que cuatro años después de esa medición solo las especies *V. allenii* e *Ilex sp.* permanecen entre las 10 primeras para sus respectivos aprovechamientos. Esto refleja que el crecimiento de los árboles varía significativamente entre comunidades, entre especies, entre individuos de una especie, en relación con la edad, tamaño, competencia y las condiciones microclimáticas y de sitio (Hernández y Castellanos 2006).

En bosques sometidos a manejo forestal, es importante determinar cuáles son las tasas de crecimiento que presentan las especies y en particular las comerciales (cuadro 11). Con el objetivo de proyectar ciclos de corta y evaluar la aplicación de tratamientos silviculturales que estimulen el crecimiento de las especies (Quesada y Castillo 2010).

Cuadro 11. Incremento corriente anual (ICA) promedio en diámetro ($d \geq 10$ cm) y desviaciones estándar por grupo comercial, de tres bosques en el periodo de 15 a 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Grupo Comercial | SACB | SATM | SATT | SABT | Promedio |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Comerciales | 2,94±1,09 | 3,46±1,62 | 3,37±1,56 | 4,00±1.72 | 3,45±1,50 |
| No comerciales | 1,69±4,57 | 1,71±1,17 | 1,61±1,35 | 1,89±1.52 | 1,72±2,15 |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor.

En relación con el incremento diamétrico para las especies comerciales y las no comerciales, las primeras fueron las que mostraron los mayores valores ICA 15 años después del manejo en todos los sistemas. El SABT es el que muestra el mayor crecimiento diamétrico para el grupo comercial seguido por el SATM, el SATT y el SACB con el valor más bajo de ICA. La información mostrada en el cuadro anterior indica que el SABT es el que presenta un mayor incremento en diámetro después de aplicado sin embargo presenta el menor reclutamiento por hectárea de individuos comerciales, esto puede darse debido a la alta perturbación producida por la utilización de tractor en la operación de extracción de los árboles cortados propia de este sistema, que favorece el crecimiento de la masa remanente a dificultar el establecimiento de nuevos individuos de clases diamétricas menores y disminuyendo la competencia.

En bosques con 18 años después de haber sido intervenidos con aprovechamiento de bajo impacto se reportan valores ICA de 3,8 a 4,6 mm/año en un periodo de siete años, para los individuos comerciales en la región de Pital de San Carlos, Costa Rica (Centeno 2010). En la misma región Córdova (2002) encontró valores de ICA comercial de 5,06 a 5,4 mm/año para bosques intervenidos bajo el sistema tradicional mejorado. Cabe destacar que los valores altos de incremento mostrados por este autor se debe a que los bosques analizados en ese estudio fueron intervenidos dos años antes de la medición, lo que genera el crecimiento acelerado de muchas especies oportunistas.

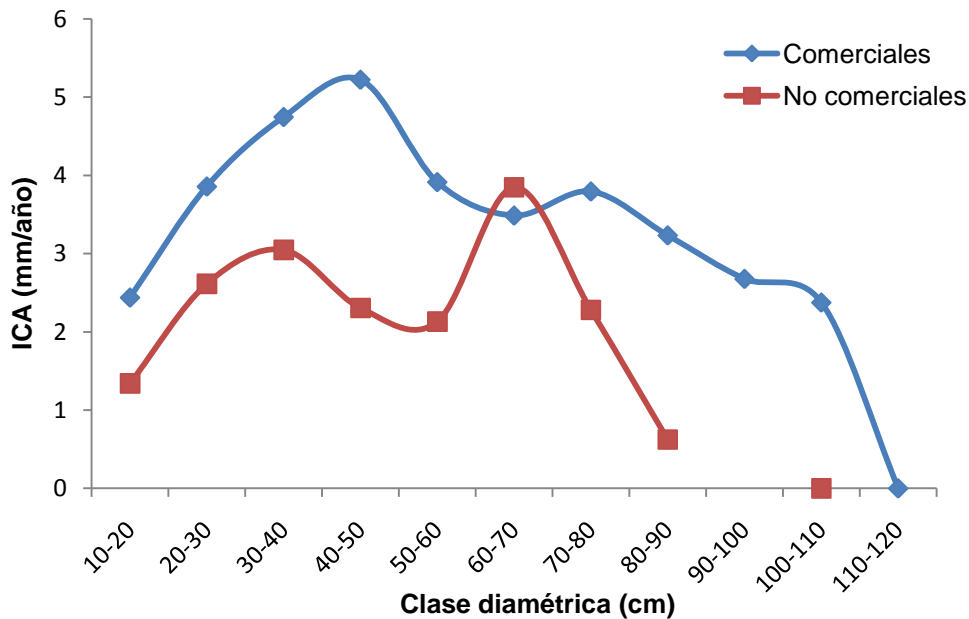


Figura 15. Curvas de crecimiento por clase diamétrica para los individuos comerciales en tres bosques 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

Al no encontrarse diferencias significativas entre el ICA de los individuos comerciales entre un aprovechamiento y otro ($p = 0,3824$) se observa que existe el mismo comportamiento en incremento diamétrico del grupo comercial y no comercial en el bosque 19 años después de la intervención. Reflejando que 19 después del aprovechamiento, el sistema aplicado no afecta el incremento diamétrico en cada clase.

La figura anterior muestra que los valores ICA de los individuos comerciales es mayor en casi todas las clases diamétricas al de los no comerciales, excepto en la clase de 60 – 70 cm de diámetro, donde este último grupo tiene el mayor incremento, lo que podría deberse; entre otras razones, a mejores condiciones de luz por parte de los individuos de estas dimensiones.

El mayor ICA en los individuos comerciales se encuentra en la clase de 40 – 50 cm de diámetro, esto se debe a que los individuos de estas dimensiones por lo general están alcanzando mayores alturas cercanas al dosel superior, con lo que logran obtener mejores condiciones lumínicas, que favorecen su crecimiento. Por otro lado la clase 110 – 120 cm es la clase con el menor

crecimiento, lo que es de esperarse ya que los individuos de este porte son árboles viejos que posiblemente alcanzaron el dosel superior hace mucho tiempo atrás y entran a procesos de reproducción y detienen el crecimiento o incluso son árboles que comienzan a morir. En cuanto a los individuos no comerciales las clases entre 10 y 30 cm de diámetro presentan bajos incrementos debido a que en estas es donde se encuentran una gran cantidad de palmás como *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Welfia regia* las cuales pueden mostrar un crecimiento de 0 en varios años y se ha observado en campo que en muchos casos el valor tiende a disminuir progresivamente de un año a otro debido a cambios radicales en el clima del sitio o simplemente porque el individuo comienza a morir.

Quesada y Castillo (2010) encontraron para los mismos sitios del presente estudio pero 15 años después del manejo que las especies comerciales crecen más en las clases diamétricas entre 30 y 60 cm, comportamiento que sigue la misma tendencia 20 años después de la intervención. Córdoba (2002) reporta para bosques intervenidos (2 años atrás) los mayores valores ICA en las clases entre los 20 y 40 cm de diámetro en San Carlos, Costa Rica. Para la misma región de Costa Rica Centeno (2010) reporta que las principales especies comerciales presentaban los mayores incrementos en las clases de 30 a 60 cm de diámetro con valores que van de 0,67 a 0,71 cm/año.

Los resultados presentados anteriormente muestran que los individuos comerciales son los que más crecen a nivel de diámetro anualmente, sin embargo al analizar las especies con los valores máximos de ICA, se observa la aparición de varias especies consideradas no comerciales, esta información se presenta en el siguiente cuadro.

El análisis del crecimiento de los bosques donde se aplicaron los cuatro sistemas de aprovechamiento no muestran diferencias marcadas de un sistema a otro y en comparación con los resultados presentados por Quesada y Castillo (2010) para los mismos tres sitios a 15 años de haber aplicado el manejo forestal (periodo 1995-2007) los valores de ICA diamétrico actuales (periodo 2007-2011) son mayores, incluso mayores a los reportados en otros estudios para bosques tropicales intervenidos y sin intervenir.

Estado de la Conservación

La valoración del estado de la conservación de las especies encontradas se realizó para todos los sitios (Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos) sin tomar en cuenta los sistemas de aprovechamiento y con las mediciones realizadas 19 años después de la intervención (2011). En total se midieron 6702 individuos, con diámetro ≥ 10 cm a 1,3 m de altura para los tres sitios en estudio, distribuidos en 67 familias botánicas 212 géneros y 412 especies. Actualmente existen 61 especies identificadas solo a nivel de género, de las cuales dos pertenecen al género *Inga* y tres al género *Ocotea*. De este total de especies el 2,18 % (9 especies) son endémicas, 0,97 % (4) especies están clasificadas en peligro de extinción y vedadas según el Decreto Ejecutivo N°25700-MINAE (1997) y 5,58 % (23) se encuentran bajo alguna categoría de conservación según la Lista Roja de la UICN (2008). Es importante destacar que de las 412 especies totales 104 se encuentran en los tres sitios, 83 solo se registran en Mogos, 77 solo en Estero Guerra, 55 en Dos Brazos, 46 especies están en Estero Guerra y Mogos, 34 especies se encuentran en Dos Brazos y Estero Guerra y 33 especies aparecen tanto en Dos Brazos como Mogos.

Cuadro 12. Número de especies categorizadas por grado de amenaza (CITES 2010; IUCN 2008), vedadas y en peligro de extinción (Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE 1997) y endémicas (Aguilar y Cornejo 2010) en tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Sitio | Especies | Categoría UICN | Endémicas | Vedadas En Peligro de Extinción | CITES (Apéndice II) |
|---------------|----------|----------------|-----------|---------------------------------|---------------------|
| Dos Brazos | 210 | 13 | 3 | 2 | 1 |
| Estero Guerra | 252 | 14 | 2 | 1 | 1 |
| Mogos | 242 | 14 | 6 | 3 | 1 |

Estero Guerra es el sitio que al 2011 (19 años después del aprovechamiento) presenta la mayor cantidad de especies y es el sitio con el menor número de especies endémicas (Aguilar y Cornejo 2010) y vedadas (Decreto Ejecutivo N°

25700-MINAE 1997). Las especies endémicas encontradas en los sitios son *Ardisia dunlapiana* (ET) con cuatro individuos en Mogos y uno en Dos Brazos, un individuo en Mogos de *Bourreria rinconensis* (ET), *Coccoloba standleyana* (EP) con un individuo en Dos Brazos y seis en Mogos, *Daphnopsis costaricensis* (EP) dos especímenes en Estero Guerra, *Duroia costaricensis* (ET) un individuo en Estero Guerra, con tres árboles en Mogos *Huberodendron allenii* (ET), *Klarobelia stipitata* (ET) con un individuo en Dos Brazos, *Ocotea multiflora* (ET) con cuatro árboles en Mogos, y con un espécimen en Mogos *Parathesis acostensis* (ET). Estas especies además de ser únicas de la Península de Osa son especies con requerimientos lumínicos específicos, tolerantes a la sombra, de crecimiento lento (ICA < 3 mm/año) con poblaciones muy pequeñas y que difícilmente alcanzan el dosel superior, además son más sensibles al impacto producido por cualquier tipo de perturbación y su recuperación es más lenta que otras especies, por lo que son especies a las que se les debe tomar consideraciones especiales a la hora de realizar un manejo forestal.

El sitio Mogos es el que presenta el mayor endemismo con seis de las nueve especies endémicas encontradas en los sitios en estudio según Aguilar y Cornejo (2010), estos resultados concuerdan con lo encontrado por Morales (2010) que reporta los bosques primarios y de más de 30 años de edad como los de mayor endemismo después de los bosques primarios de Bahía Chal, en el Corredor Biológico Osa.

La Lista Roja de la UICN es el inventario más reconocido mundialmente sobre el estado de amenaza de las especies. La Lista Roja incluye nueve categorías, dentro de las cuales solo tres categorías son consideradas como amenazadas: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU). De acuerdo a su última versión (2008) existen 41.415 especies en la Lista Roja de la UICN, de las cuales 16.306 son consideradas como amenazadas de extinción y el 70% de las plantas que han sido evaluadas en la Lista Roja 2007 de la UICN están en situación de riesgo (UICN 2011). En los bosques en estudio se encontraron 23 especies distribuidas en los tres sitios bajo alguna de las categorías de conservación de la Lista Roja de la UICN (2008) de las cuales 11 están consideradas como amenazadas, dichas especies son *Anthodiscus*

chocoensis, *Caryocar costarricense*, *Couratari guianensis*, *Couratari scottmorii*, *Inga bella*, *Inga jimenezii*, *Quiina colonensis*, *Quiina schippii*, *Spachea correare*, *Terminalia bucidoides* y *Virola surinamensis*.

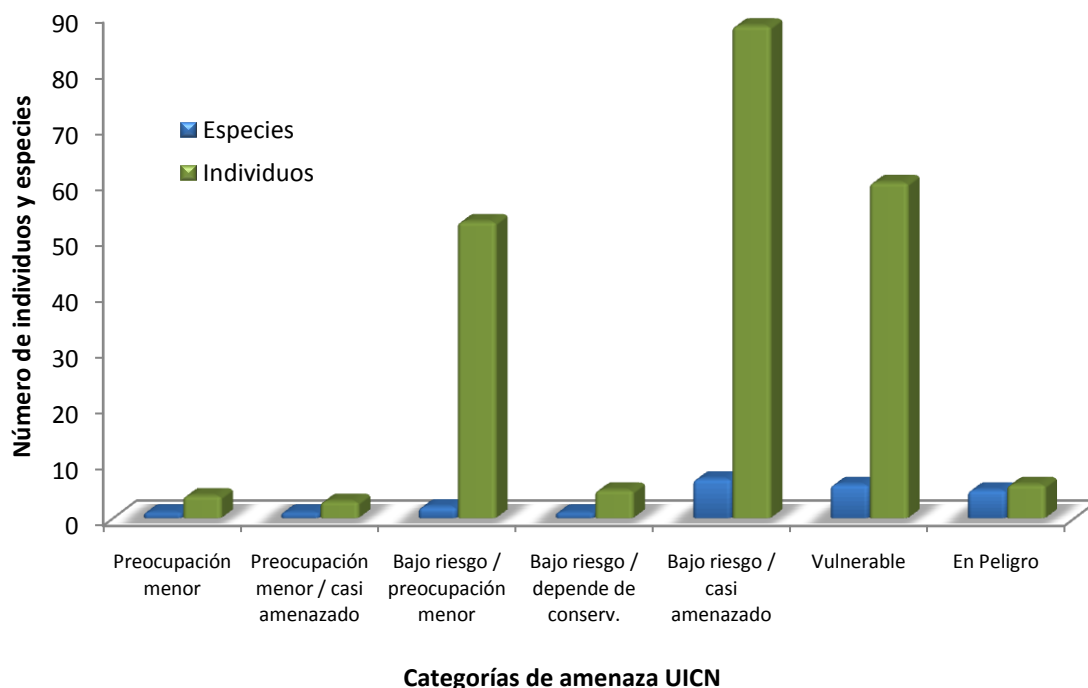


Figura 16. Número de individuos y especies para las diferentes categorías de amenaza según UICN (2008) para tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

En los sitios estudiados la mayoría de las especies que se encuentran bajo alguna categoría de conservación de la UICN (2011) están clasificadas como de bajo riesgo con posibilidad de pasar a preocupación menor, casi amenazado y el caso de *Chrysophyllum brenesii* que depende de la conservación su estado de bajo riesgo. A la categoría con bajo riesgo sigue la de vulnerabilidad y a esta las especies en peligro donde se encuentran cinco especies. La lista de especies encontradas bajo alguna categoría según la Lista Roja de la UICN (2008) se presenta a continuación.

Cuadro 13. Especies con su número de individuos (n), categorizadas por grado de amenaza (CITES 2010; IUCN 2008), vedadas y en peligro de extinción (Decreto Ejecutivo Nº 25700-MINAE 1997) y endémicas (Aguilar y Cornejo 2010) en tres bosques 19 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Especies | Categoría UICN | Endémicas | Vedadas | CITES | n |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|--------------|----------|
| <i>Anthodiscus chocoensis</i> | VU | | X | | 5 |
| <i>Ardisia dunlapiana</i> | | X | | | 5 |
| <i>Astrocaryum alatum</i> | LC/nt | | | | 3 |
| <i>Bouyeria rinconensis</i> | | X | | | 1 |
| <i>Capparis discolor</i> | LR/nt | | | | 1 |
| <i>Caryocar costaricense</i> | VU | | | Apéndice II | 7 |
| <i>Cecropia obtusifolia</i> | LR/lc | | | | 50 |
| <i>Chrysophyllum brenesii</i> | LR/depende de la conservación | | | | 5 |
| <i>Coccoloba standleyana</i> | | X | | | 7 |
| <i>Copaifera camibar</i> | | | X | | 21 |
| <i>Couratari guianensis</i> | VU | | | | 40 |
| <i>Couratari scottmorii</i> | VU | | X | | 1 |
| <i>Cryosophila guagara</i> | LR/nt | | | | 2 |
| <i>Daphnopsis costaricensis</i> | | X | | | 2 |
| <i>Duroia costaricensis</i> | | X | | | 1 |
| <i>Eschweilera integrifolia</i> | LR/lc | | | | 3 |
| <i>Hernandia stenura</i> | LR/nt | | | | 3 |
| <i>Huberodendron allenii</i> | | X | | | 3 |
| <i>Inga bella</i> | EN | | | | 1 |
| <i>Inga jimenezii</i> | EN | | | | 1 |
| <i>Klarobelia stipitata</i> | | X | | | 1 |
| <i>Nectandra salicina</i> | LR/nt | | | | 4 |
| <i>Ocotea multiflora</i> | | X | | | 4 |
| <i>Parathesis acostensis</i> | | X | | | 1 |
| <i>Podocarpus guatemalensis</i> | LC | | X | | 4 |

Continúa...

| | | |
|----------------------------|-------|----|
| <i>Protium</i> | | |
| <i>panamense</i> | LR/nt | 38 |
| <i>Quiina colonensis</i> | VU | 6 |
| <i>Quiina schippii</i> | EN | 1 |
| <i>Rinorea crenata</i> | LR/nt | 39 |
| <i>Rinorea squamata</i> | LR/nt | 1 |
| <i>Spachea correae</i> | VU | 1 |
| <i>Terminalia</i> | EN | 2 |
| <i>bucidooides</i> | | |
| <i>Virola surinamensis</i> | EN | 1 |

Nota: Preocupación menor (LC), preocupación menor/casi amenazado (LC/nt), bajo riesgo/preocupación menor (LR/lc), bajo riesgo (LR)/depende de la conservación, bajo riesgo/casi amenazado (LR/nt), Vulnerable (VU) y en Peligro (EN).

En cuanto a CITES alrededor de 28.000 especies de plantas están amparadas por la CITES contra la explotación excesiva debido al comercio internacional. Las especies se agrupan en los Apéndices según el grado de amenaza debido al comercio internacional (CITES 2011). En los bosques estudiados solo se encuentra a *Caryocar costarricense* dentro del Apéndice II de CITES, en este figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación (CITES 2011). Según el Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE (1997) en los bosques intervenidos en estudio se encuentran cuatro de las 18 especies declaradas en peligro de extinción y bajo veda *Anthodiscus chocoensis*, *Copaifera camibar*, *Couratari scottmorii* y *Podocarpus guatemalensis*.

Los resultados presentados en el cuadro 13 muestran a *Anthodiscus chocoensis* y *Couratari scottmorii* como las especies que requieren una mayor atención dentro de los bosques en estudio ya que son especies declaradas en peligro de extinción (Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE 1997) y vulnerables por la UICN (2008) además presentan un bajo número individuos, la primera con solo dos individuos en Dos brazos ($d = 12,1$ y $d = 70,8$ cm) y Mogos ($d = 11,4$ y $d = 13,2$ cm) y con un espécimen en Estero Guerra ($d = 18$ cm) y la segunda con solo un árbol en Mogos ($d = 15,4$ cm).

Los resultados presentados en este capítulo muestran que los bosques intervenidos en los sitios Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos presentan un alto valor en cuanto a composición florística y diversidad de especies arbóreas ya que solo en las 12 ha muestreadas para el presente estudio se encontraron 9 especies endémicas de las 26 reportadas para Costa Rica (Morales 2010) y 4 de las 18 especies declaradas como en peligro de extinción y vedadas por el Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE (1997), aspectos muy importantes que deben ser tomados en cuenta al momento de planificar un manejo de los diferentes recursos que ofrecen estos ecosistemas, ya que en ellos se encuentra una porción muy importante de la flora y fauna del país.

Comportamiento 15 años después del aprovechamiento

En Costa Rica los ciclos de corta son legalmente definidos en períodos de 15 años e incluso, puede aplicarse una segunda cosecha en un periodo de 10 años para bosques que cuentan con un registro confiable con información proveniente de parcelas permanentes de muestreo (PPM). Debido a que muchos de los bosques que han sido aprovechados en Costa Rica no cuentan con información precisa y confiable del manejo anterior el presente análisis está basado en el comportamiento del bosque 15 años después de aplicados los diferentes sistemas de aprovechamiento y así determinar si es factible una segunda cosecha para bosques de la Península de Osa, basado en lo establecido en el Decreto Ejecutivo 34559-MINAE (2008) enfocado en los Valores de Referencia Mínimos (VRM) y Máximos (VRMx) para área basal por hectárea y porcentaje de heliófitas efímeras.

El siguiente cuadro presenta los valores promedio de área basal ($d \geq 30$ cm) por hectárea encontrados en los bosques sometidos a los diferentes sistemas de aprovechamiento 15 años atrás y el VRM establecido en la legislación actual.

Cuadro 14. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G) ($d \geq 30$ cm), Valor de referencia mínimo y pruebas ($t_{\alpha/2,95\%$ student) de tres bosques 15 años después del aprovechamiento forestal bajo cuatro sistemas, en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

| Aprovechamiento | N | Desviación estándar N | G (m ² /ha) | Desviación estándar G |
|----------------------|------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| SACB | 108 | 42,99 | 21,20a | 4,23 |
| SATM | 106 | 47,09 | 20,60a | 3,96 |
| SATT | 106 | 42,54 | 21,78a | 4,52 |
| SABT | 103 | 45,29 | 19,10a | 4,91 |
| Promedio | 106 | 44,48 | 20,67a | 4,4 |
| Sitios | N | Desviación estándar N | G (m ² /ha) | Desviación estándar G |
| Dos Brazos | 102 | 4,51 | 18,71a | 1,91 |
| Estero Guerra | 126 | 4,27 | 25,07a | 2,42 |
| Mogos | 80 | 11,09 | 15,45a | 2,42 |
| Promedio | 103 | 6,62 | 19,74a | 2,25 |
| VRM | - | - | 11b | - |

*SACB = Sistema de aprovechamiento con bueyes, SATM = Sistema tradicional mejorado, SATT = sistema de aprovechamiento tradicional con tractor y SABT = sistema de aprovechamiento bueyes-tractor. *Valores con la misma letra son estadísticamente iguales
*VRM = Valor de referencia Mínimo (MINAE 2008).

El Código de Prácticas y Manual de Procedimientos Administrativos para el manejo policíclico de bosques naturales en Costa Rica (2008), establece para bosques fuera de la zona Norte un Valor de Referencia Mínimo (VRM) de 11 m²/ ha para todos los árboles con un diámetro ≥ 30 cm medido a 1,3 m de altura. En los bosques estudiados en la Península de Osa, el área basal promedio por hectárea en los individuos con diámetro mayor o igual a 30 cm supera por casi el doble el VRM establecido en la legislación actual en todos los aprovechamientos realizados 15 años atrás.

El SABT es el que presenta el menor G y el SATT presenta el mayor G seguido por los sistemas SACB y SATM. En relación con lo establecido por el D.E. 34559 los bosques sometidos a los diferentes tipos de manejo presentan una recuperación en G de los individuos con diámetro ≥ 30 cm factible para una segunda cosecha, sin embargo para poder definir si en realidad se puede

realizar dicha cosecha; entre otros factores, se debe tomar en cuenta el porcentaje de heliófitas efímeras presentes en el bosque.

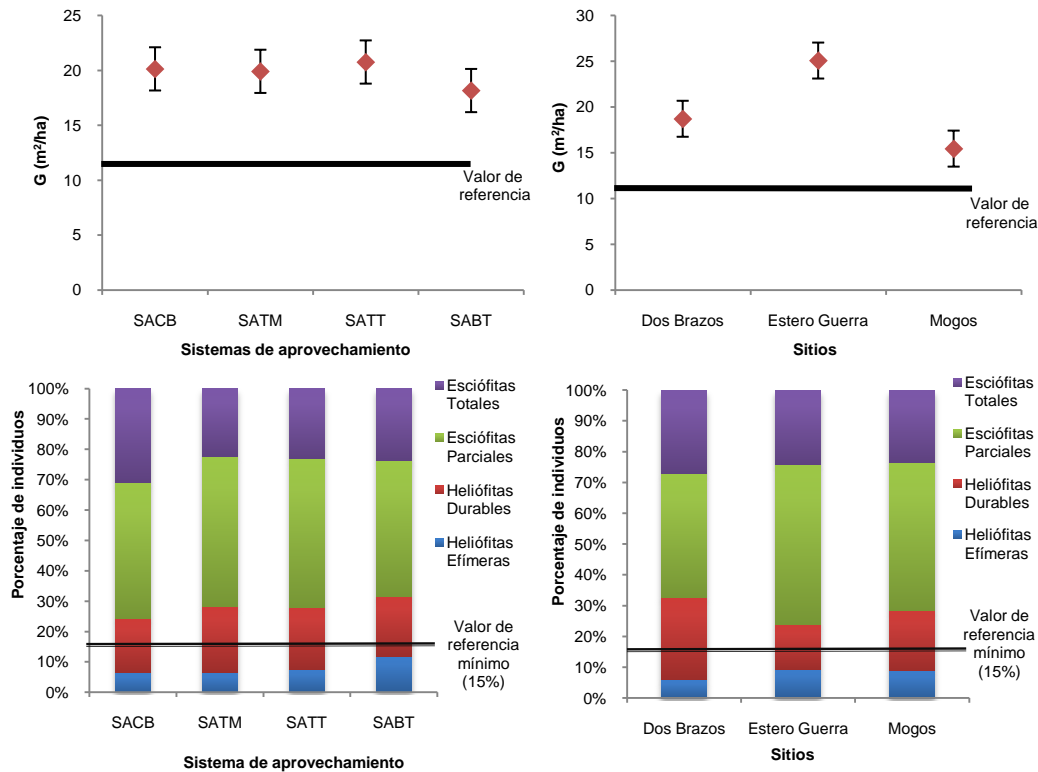


Figura 17. Valores de referencia mínimo y máximo para el G promedio ($d \geq 30$ cm) y porcentaje de HE, respectivamente, de tres bosques 15 años después del aprovechamiento forestal bajo los sistemas: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes tractor (SABT), en la Península de Osa, Costa Rica, 2011.

Como se muestra en la figura 17 tanto desde el punto de vista de los sitios y de los sistemas de aprovechamiento, los VRM establecidos en la legislación actual son superados tanto para G ($d \geq 30$ cm) como para el porcentaje de HE presentes en el bosque.

El SABT es el que presenta el mayor porcentaje de individuos heliófitos efímeros con 11, 88 seguido por el SATT, SATM y el SACB con porcentajes de 7,52, 6,41 y 6,38 respectivamente. Los sistemas SABT y SATT son los que presentan un mayor porcentaje de heliófitas efímeras esto se puede deber a

que estos aprovechamientos son los que presentan un mayor impacto sobre el área manejada, debido principalmente al uso de tractor en las operaciones de extracción de los árboles, cabe destacar que el SATT realizado en las parcelas en estudio provocó un menor impacto en comparación con el sistema de aprovechamiento tradicional que se acostumbraba, antes y principios de los 90's, debido a que las operaciones de corta y extracción en este caso si fueron planificadas. Quesada y Castillo (2010) establecen el grado de perturbación generado por el SATT como alto y en el SATT la perturbación es muy alta al contrario los sistemas SACB y SATM presentan un grado de perturbación menor y mediana respectivamente.

Los diferentes sistemas de aprovechamiento presentan valores de área basal y porcentaje de individuos pertenecientes al gremio heliófitas efímeras superiores a los establecidos por la ley vigente en Costa Rica, lo que hace factible la aplicación de una segunda cosecha, basándose solamente en lo que respecta a estas dos variables. Sin embargo es importante tomar en cuenta que los bosques de la Península de Osa presentan una recuperación más rápida de estas variables que bosques de otros sitios de Costa Rica. Condiciones de temperatura, precipitación, posición latitudinal, entre otras favorecen la recuperación de los bosques de Osa, por otro lado la intensidad de uso de los bosques es un factor determinante en la recuperación de cualquier comunidad boscosa siendo el aprovechamiento forestal una de las actividades que menos impacto generan en comparación con otras que implican un cambio de uso de suelo. Por lo tanto cuando se habla de segundas cosechas en los bosques intervenidos de la Península de Osa es recomendable establecer un límite mayor en cuanto a área basal por hectárea que el establecido actualmente ($11 \text{ m}^2/\text{ha}$), ya que un bosque intervenido en la región de Osa en poco tiempo alcanza este valor pero no ocurre lo mismo con la recuperación a nivel de diversidad, composición florística y número de individuos en las clases diamétricas mayores a 80 cm.

La realización de aprovechamientos en periodos de tiempo donde no se haya obtenido una recuperación de las clases diamétricas mayores también puede afectar la regeneración de especies tolerantes a la sombra que inician su crecimiento bajo el dosel a una tasa de crecimiento muy lenta, pero con un alto

valor comercial cuando alcanzan diámetros mayores, favoreciendo el crecimiento de más especies pioneras de menor valor.

El manejo de los bosques naturales, al tener al aprovechamiento como la actividad en que se interviene el bosque y si hoy después de 10 ó 20 años de que se hubiese realizado la intervención son nuevamente intervenidos, representan un gran riesgo para la estabilidad de la dinámica del bosque, siendo esta intervención fundamentada principalmente por un diámetro mínimo de corta, dejando de lado aspectos que en la actualidad ya son conocidos, como es el crecimiento del bosque, la ecología de las especies, la biología reproductiva y en si el de considerar al bosque como un mosaico sucesional, enmarcándose entre los aspectos de orden biológico, social y económico (Pérez 2002).

Es necesario también tomar en cuenta variables como fragmentación de los sitios aledaños al área de aprovechamiento, uso de suelo circundante, patrones fenológicos, crecimiento y estrategias de regeneración de las principales especies comerciales para realizar una mejor selección del momento y de los individuos a aprovechar. La aplicación de tratamientos silviculturales, aprovechamiento de recursos no maderables y el aprovechamiento de madera caída son herramientas muy útiles para mejorar la productividad de los bosques y la rentabilidad del aprovechamiento forestal de forma sostenible. Es importante destacar que la conservación por medio de la creación de Áreas Protegidas y otras modalidades de protección no siempre resulta lo más favorable para las comunidades desde el punto de vista socioeconómico, por lo que la aplicación de pagos por servicios ambientales más rentables para los propietarios de áreas pequeñas de bosque resulta una opción viable desde el punto de vista ambiental, social y económico.

Quesada *et al.* (2007) plantean como estrategia para consolidar y fomentar el establecimiento y conservación de las áreas boscosas dentro del Corredor Biológico Osa en casos donde el valor del ecosistema, en términos de biodiversidad, o la presencia de especies en peligro de extinción, puede justificar la compra de terrenos, o bien, otros mecanismos de compensación por servicios ambientales.

Conclusiones

- a) La estructura horizontal del bosque primario y el bosque después de 19 años de realizada la intervención no muestran diferencias significativas entre sí, tanto en área basal como número de individuos por hectárea, por lo que estadísticamente el bosque ya recuperó sus condiciones originales en dichas variables.
- b) Las clases diamétricas superiores a 80 cm no muestran una recuperación total del área basal y número de individuos por hectárea del bosque en condición primaria, sin embargo se espera la recuperación en estas clases en pocos años.
- c) Los sistemas de aprovechamientos realizados no presentan diferencias significativas en la estructura horizontal entre uno y otro después de 19 años de realizado el manejo.
- d) Las especies heliófitas presentan un mayor peso ecológico en los bosques intervenidos (19 años después de la cosecha) que en los bosques primarios en estudio de la Península de Osa.
- e) La cantidad de individuos comerciales por hectárea encontrados en el bosque intervenido (19 años después de la cosecha) es estadísticamente igual a la encontrada en los bosques primarios de la Península de Osa, lo que evidencia una recuperación en la cantidad de individuos con valor comercial.
- f) La cantidad de especies consideradas como no comerciales es mayor a las comerciales, sin embargo la cantidad de individuos comerciales por hectárea es mayor a la de los no comerciales.
- g) La dinámica del bosque intervenido bajo los diferentes sistemas presenta valores de recambio muy cercanos a los esperados para un bosque primario, mostrando un equilibrio dinámico.

- h) Los diferentes bosques intervenidos analizados en el presente estudio muestran una diversidad y riqueza de especies mayor a la reportada para otros bosques tropicales primarios e intervenidos y no se muestran diferencias significativas en diversidad entre un aprovechamiento y otro; lo que refleja que después de 19 años de aplicados los tratamientos en estudio no afectan la diversidad biológica de especies arbóreas.
- i) El ICA mostrado por los diferentes bosques intervenidos muestran un buen crecimiento en comparación con otros bosques tropicales primarios y manejados. No se observa una influencia significativa del sistema de aprovechamiento aplicado sobre el crecimiento 19 años después de la intervención.
- j) Los bosques manejados en Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos resguardan una fracción importante de las especies endémicas, vulnerables, raras, vedadas y en peligro de extinción, reportadas para Costa Rica.
- k) Con base en los resultados de recuperación en las diferentes variables evaluadas para los bosques tropicales intervenidos de la Península Osa bajo diferentes sistemas de aprovechamiento, se determinó que los valores de referencia mínimos y máximos de área basal y porcentaje de heliófitas efímeras respectivamente, establecidos actualmente en el país, no son adecuados para determinar una segunda cosecha en bosques intervenidos o secundarios de la Península de Osa.

Recomendaciones

Se recomienda el establecimiento de una PPM de 1 ha cercana a las ya establecidas en cada uno de los sitios pero en bosques sin intervenir, para obtener una mejor comparación de la dinámica del bosque intervenido con el bosque sin intervenir.

El análisis estadístico demostró que existen diferencias muy significativas entre un sitio y otro en las diferentes variables estudiadas, por lo que se recomienda realizar un estudio que permita obtener una caracterización de las condiciones ambientales de cada sitio.

Es recomendable continuar el monitoreo de estas unidades de muestreo e iniciar estudios que involucren otros factores como fauna, productos no maderables del bosque, aspectos socioeconómicos, fragmentación, producción de biomasa, entre otros.

Se recomienda la ubicación geográfica de los árboles con $d \geq 10$ cm y los ingresos que aparezcan en cada medición posterior con el fin de generar una base de datos donde especifiquen la especie, dimensiones, estado fitosanitario y coordenadas de los árboles presentes en las PPM establecidas en cada sitio y tener una recopilación gráfica (mapas) de la evolución del bosque con el paso de los años.

Los bosques de la Península de Osa muestran una recuperación más rápida que la mostrada en otras regiones del país por lo que se recomienda aumentar el valor de referencia mínimo para área basal establecido en la legislación actual para los bosques de Osa, así como estudios que permitan establecer un valor específico para esta región.

Bibliografía

- Achard, F., Belward, A.S., Eva, H.D., Frederici, S., Mollicone, D., and Raes, F. 2005. Accounting for avoided conversion of intact and non-intact forests. Technical options and a proposal for policy tool. Joint Research Center side event, UNFCCC Conference of Parties 11, December 2005.
- Aguilar, R y Cornejo, X. 2010. Plants endemic to the Osa Peninsula (en línea). The New York Botanical Garden. Consultado 10 sept 2011. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/osa/endemics.php>
- Barrantes, G. 2000. Aplicación de incentivos a la conservación de la biodiversidad en Costa Rica (en línea). CR. Consultado 10 abril 2011. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/es/biod/estrategia/Paginas/PDF/Pago%20de%20servicios%20Ambientales/PSA%20Estudio%20Caso%20CR.pdf>.
- Berry, P.E. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. In: Biología y conservación de bosques neotropicales. Eds. 77 MR Guariguata; GH Kattan. Libro Universitario Regional (LUR). Cartago, CR. 83 -96 p.
- Bolaños, R.; Watson V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge. San José, R, Centro Científico Tropical.
- Castillo, M.; Cordero, W. 1990. Alternativas de sistemas de aprovechamiento para bosques tropicales. Costa Rica. ITCR. Proyecto BOSCOSA. Estados Unidos de América, World Wildl Faúnd CA, Universidad de la Columbia Británica. 80 p.
- Castillo, M. 1991 Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo en Bosque Natural. Para Evaluar el Aprovechamiento Forestal, Península

de Osa Costa Rica. Práctica de Especialidad, Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica 149 p.

Castillo, M. 1996 Comportamiento del Bosque Natural Después del Aprovechamiento Forestal en Tres Sitios de la Península de Osa Costa Rica. Tesis Lic., Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica 76 p.

Castillo, M. 2003. Recuperación del Área Basal Afectada por el Aprovechamiento de un Bosque Natural, Península de Osa, Costa Rica. (en línea) In I Congreso Silvicultural. Manejo Silvicultural: Para la Conservación de los Bosques. INISEFOR. CR. 1-6. Consultado 20 de abril 2011. Disponible en: <http://www.una.ac.cr/inis/silvi.htm>

Castillo, M., Fallas, A., Quesada, R. 2007. Distribución y abundancia de árboles de dosel del bosque húmedo tropical en la Península de Osa. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Instituto Nacional de Biodiversidad-CTCBO, Critical Ecosystem Partnership Fund. Informe Final. Cartago. Costa Rica. 124p.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre, CH) 2008. Apéndices I, II, III. (en línea). Ginebra, CH. 47 p. Consultado 10 sept 2011. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/S-Jul01.pdf>

Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain foresta and coral reefs. Science 199:1302 – 1309.

Cordero, V. W.; Howard, A. 1990. Alternativas sistemas de aprovechamiento para bosques tropicales. Propuesta de Proyecto de Investigación. Departamento de Ingeniería Forestal. 10 p.

Cordero, W. 1998. Aprovechamiento forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie de Apoyo Académico. 101 p.

Córdoba, D. 2002. Evaluacion de Tratamientos silviculturales aplicados a tres bloques de bosque secundario ubicados en Coope San Juan, Aguas

Zarcas, San Carlos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 118 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1995. Uso de bueyes en operaciones de aprovechamiento forestal en áreas rurales de Costa Rica. (en línea). Depósito de documentos de la FAO, V4925. Consultado 20 de abril 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v4925S/v4925S00.htm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. Situación de los Bosques del Mundo 2009 (en línea). Roma, IT, FAO. Consultado 20 abril 2011. Disponible en: <http://www.fao.org>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Informe Nacional, Costa Rica. Roma, IT, FAO. Consultado 10 julio 2011. Disponible en: http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Bosques/2010_FAO_Informe_Evaluacion_Recursos_Forestales_Mundiales_%20Costa_Rica_FRA_2010.pdf

Finegan, B. 1993. Bases Ecológicas de la Silvicultura. In: VI Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, C.R. 229 p.

Finegan, B. 1996. Pattern and process in Neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. Trends in Ecology and Evolution. 11: 119-124.

Guariguata, M., Kattan, G. 2002 Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. LUR. Cartago, CR. 691 p.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2011. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontología Electrónica 4(1):9 pp.

- Hernandez, L; Castellanos, H. 2006. Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema, Guayana Venezolana: Primeras evaluaciones. *Interciencia*. 31 (11): 279 - 289.
- Hidalgo, F. 2004. Caracterización y potencial de utilización de árboles caídos en los bosques de la Reserva Forestal de Golfo Dulce, Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2004.
- Higuchi, Pedro; Oliveira-Filho, Ary Teixeira; Silva, Ana Carolina da; Machado, Evandro Luiz Mendonça; Santos, Rubens Manoel dos; Pifano, Daniel Salgado. 2008. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. *Revista Árvore*. 32(3): 417 – 426 p.
- Holdridge, L. R. 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. *Science* Vol 105 No. 2727: 367-368.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2011. Sobre UICN: Lista Roja (en línea). Consultado 11 sept 2011. Disponible en: http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_especies/sur_listaroja/
- Kappelle, M., Castro M., Acevedo H., González L., Monge, H. 2002. Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA). Serie Ecosistemas de Costa Rica, Vol. II. Instituto Nacional de Biodiversidad INBio. Santo Domingo de Heredia. 496 pp.
- Lamprecht, H. 1990 *Silvicultura en los Trópicos: Los Ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido-*. DE. Traducido por Antonio Carrillo, GTZ. 335p.

- Londoño, A.C. y Jiménez, E.M. 1999. Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (períodos de 1, 4 y 5 años). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. No 14. p 41-58.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. *Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. 265 p.
- Maginnis, S; Méndez, J; Davies, J. 1998. *Manual para el manejo de bloques pequeños de bosque húmedo tropical (con especial referencia a la Zona Norte de Costa Rica)*. CODEFORSA. San Carlos, CR. 208 p.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 179 p.
- Melo, O; Vargas, R. 2003. *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué, CO, Universidad de Tolima. 183 p.
- Meza, A. 2004. El aprovechamiento de plantaciones forestales: un sistema de producción. (en línea). Kurú: *Revista Forestal*. 1(3):1. Consultado 20 de abril 2011. Disponible en: http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior3/pdf/Solucion%202.pdf
- Meza, V., Méndez, J. 2004. Segundas cosechas bajo un sistema policíclico de manejo para bosques húmedos tropicales. Región Huetar Norte, Costa Rica. (en línea). Kurú: *Revista Forestal*. 3(9):1. Consultado 10 de julio 2011. Disponible en: http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior9/index.htm
- MINAE, 2008. *Estándares, código de prácticas y manual de procedimientos administrativos para el manejo policíclico de bosques naturales en Costa Rica*. Decreto Ejecutivo 34559 – MINAE. San José, CR. 117 p.

- Morales, M. 2010. Composición florística, estructura, muestreo diagnóstico y estado de conservación de una cronosecuencia de bosques tropicales del Corredor Biológico Osa, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 115 p.
- Ortiz, E. 2008. Atlas Digital de Costa Rica 2008. Disco Compacto (CD-ROM). Escuela de Ingeniería Forestal, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Cartago Costa Rica.
- Panayotou, T; Ashton, P.S. 1992. *Not by timber alone: Economics and ecology for sustaining tropical forests*. Island Press, Washington. 283 p.
- Pérez, M. A; Finegan, B; Delgado, D; Louman; B. 2001. Composición y diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua (en línea). Revista Forestal Centroamericana. 34: 66 – 72. Consultado 23 feb 2010. Disponible en:
<http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev34/pag66.pdf>
- Pérez, R. 2002. Evaluación del Impacto del Aprovechamiento Forestal en Los Mogos, Península de Osa, Costa Rica. Informe Final de Proyecto. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 96 p.
- Quesada, R. 1997. Struktur and Dynamic eines Tropischen Feuchtwaldes nach Holznutzung in Costa Rica. Tesis de Doctorado, Universidad George-August, Göttingen, Deutschland. Cuvillier Verlag Göttingen, 137 p.
- Quesada, M. R. 2001. Dinámica del bosque muy húmedo tropical diez años después de la intervención forestal en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Informe Final proyecto de Investigación, Escuela de Ingeniería Forestal, Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 127 p.
- Quesada, R. y Castillo, M. 2004. Caracterización de la vegetación del Parque Nacional Corcovado, Área de Conservación Osa, mediante un sistema

de parcelas permanentes de muestreo. Informe Final proyecto de Investigación, Escuela de Ingeniería Forestal, Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 71 p.

Quesada, R., Castillo, M. 2010. Demografía de especies maderables de la Península de Osa. Informe final de proyecto de investigación. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 132 p.

Quirós, K. 2002. Comparación florística y estructural para el bosque primario del Hotel la Laguna del Lagarto Lodge, Boca Tapada, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Costa Rica. 89 p.

Rollet, 1978. Organización In: Ecosistemas de los bosques tropicales: Informe sobre el estado de los conocimientos. Roma, IT. UNESCO-PNUMA-FAO.: 126-162 p.

Rosero, L; Maldonado, T; Bonilla, R. 2002. Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica.(en línea). Revista de Biología Tropical. 50(2): 585-598 Consultado 20 de abril 2011. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442002000200018&script=sci_arttext

Ruschel, A; Mantovani, M; Sedrez, M; Onofre, R. 2009. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da Mata Atlântica. Revista Árvore. 33(1): 101 – 115 p.

Sanchún, A; González, J. 2006 Lista de especies arbóreas por gremio ecológico para el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCV). Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), Dirección de Planificación e Investigación y Desarrollo. Sarapiquí, Costa Rica. 22p.

- Valerio, J; Salas, C; Castillo, M. 1995. Comportamiento del bosque natural después del aprovechamiento forestal. Informe final. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de CR, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. 110 p.
- Valerio, J. 1997. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Proyecto BOLFORD, Santa Cruz, BO.
- Valerio, J.; Salas, C. 1998 Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales: Manual técnico, Segunda edición corregida y aumentada, BOLFORD, Santa Cruz, BO, 77 p.
- Vilchez, B. & Rocha, O. 2004. Fenología y biología reproductiva del nazareno (*Peltogyne purpurea* Pittier) en un bosque intervenido de la Península de Osa, Costa Rica, América Central. (en línea). Kurú: Revista Forestal. 1(1):1-10. Consultado 20 de abril 2011. Disponible en:
http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antecedentes/antecedentes1/pdf/VVILCHEZ6%20feb.pdf
- Young, T.P. & S.P. Hubbell. 1991. Crown asymmetry, treefalls and repeat disturbance of broad-leaved forest gaps. Ecology 72:1464-1471.

Anexos

Anexo 1. Lista de especies, familias botánicas, gremios ecológicos (G.E) y valor comercial (V.C) con $d \geq 10$ cm, de cuatro PPM de 1 ha, inventariadas en los años 1990, 2007 y 2011, en bosques intervenidos bajo los sistemas de aprovechamiento: con bueyes (SACB), tradicional mejorado (SATM), tradicional con tractor (SATT) y combinación bueyes – tractor (SABT) en Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos, Península de Osa, Costa Rica. 2011.

| Familias | Nombre Científico | G. E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|--------------------------------|------|-----|------|------|------|------|
| Fabaceae / mim. | <i>Abarema barbouriana</i> | EP | C | | | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Abarema macradenia</i> | EP | C | X | | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Acacia allenii</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Acacia calinskii</i> | ET | NC | | | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Acacia sp</i> | HE | NC | X | X | | |
| Euphorbiaceae | <i>Acalypha diversifolia</i> | HE | NC | | | | X |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea costaricensis</i> | HD | NC | | | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea latifolia</i> | ET | NC | | | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea sp.</i> | HD | NC | | | X | X |
| Ulmaceae | <i>Ampelocera macrocarpa</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Bignoniaceae | <i>Amphitecna sessilifolia</i> | HD | NC | X | X | | |
| Rutaceae | <i>Amyris sp.</i> | EP | NC | | X | | |
| Annonaceae | <i>Anaxagorea crassipetala</i> | ET | NC | X | | | |
| Annonaceae | <i>Anaxagorea sp.</i> | ET | NC | | X | | |
| Fabaceae / pap. | <i>Andira inermis</i> | HD | C | X | | | |
| Caryocaraceae | <i>Anthodiscus chocoensis</i> | ET | C | X | | X | X |
| Tiliaceae | <i>Apeiba membranacea</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Tiliaceae | <i>Apeiba tibourbou</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Myrsinaceae | <i>Ardisia dodgei</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Myrsinaceae | <i>Ardisia dunlapiana</i> | ET | NC | X | X | | |
| Myrsinaceae | <i>Ardisia sp</i> | ET | NC | | | X | |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma myristicifolium</i> | ET | C | | X | | |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma spruceanum</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Arecaceae | <i>Astrocaryum alatum</i> | ET | NC | X | | | X |
| Arecaceae | <i>Astrocaryum standleyanum</i> | ET | NC | | X | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Balizia elegans</i> | ET | C | | X | | |
| Moraceae | <i>Batocarpus costaricensis</i> | EP | C | | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Beilschmiedia alloiophylla</i> | ET | NC | | | X | |
| Lauraceae | <i>Beilschmiedia brenesii</i> | ET | NC | | X | | |
| Lauraceae | <i>Beilschmiedia sp</i> | ET | NC | X | | | |
| Bombacaceae | <i>Bombacopsis sessilis</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Apocynaceae | <i>Bonafousia undulata</i> | ET | NC | X | | X | X |
| Rubiaceae | <i>Borojoa panamensis</i> | HD | NC | X | | | |
| Boraginaceae | <i>Bourreria rinconensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Moraceae | <i>Brosimum alicastrum</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Brosimum guianense</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Brosimum lactescens</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Brosimum sp.</i> | EP | NC | | | X | X |
| Moraceae | <i>Brosimum utile</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Combretaceae | <i>Buchenavia tetraphylla</i> | ET | C | | | X | |
| Malpighiaceae | <i>Bunchosia macrophylla</i> | ET | NC | | | | X |
| Combretaceae | <i>Bunchosia sp.</i> | ET | NC | | X | | |
| Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | HD | C | | | | X |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima arthropoda</i> | HE | NC | | X | X | X |
| Icacinaceae | <i>Calatola costaricensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Clusiaceae | <i>Calophyllum brasiliense</i> | HD | C | X | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Clusiaceae | <i>Calophyllum longifolium</i> | HD | C | | X | | X |
| Myrtaceae | <i>Calypttranthes sp.</i> | EP | NC | | | X | |
| Capparidaceae | <i>Capparis discolor</i> | ET | NC | X | | | |
| Capparidaceae | <i>Capparis pittieri</i> | ET | NC | X | X | X | |
| Meliaceae | <i>Carapa guianensis</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Caryocaraceae | <i>Caryocar costaricense</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Caryodaphnopsis burgeri</i> | EP | C | | | X | X |
| Flacourtiaceae | <i>Casearia arborea</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Flacourtiaceae | <i>Casearia commersoniana</i> | HD | NC | X | X | | X |
| Rhizophoraceae | <i>Cassipourea elliptica</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Castilla elastica</i> | HD | NC | | X | | X |
| Moraceae | <i>Castilla tunu</i> | HE | NC | | | | X |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia insignis</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia obtusifolia</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia peltata</i> | HE | NC | X | | X | |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia sp.</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Bombacaceae | <i>Ceiba pentandra</i> | HD | NC | | | X | X |
| Ochnaceae | <i>Cespedecia macrophylla</i> | ET | NC | | X | | |
| Olacaceae | <i>Chaúnochiton kappleri</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Hippocrateaceae | <i>Cheiloclinium cognatum</i> | HD | NC | X | | X | X |
| Rubiaceae | <i>Chimarrhis latifolia</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Chimarrhis parviflora</i> | HD | C | | | | X |
| Rubiaceae | <i>Chimarrhis sp</i> | HD | NC | | X | | |
| Oleaceae | <i>Chionanthus panamensis</i> | HD | NC | | | X | X |
| Rubiaceae | <i>Chomelia venulosa</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Chrysochlamys glauca</i> | ET | NC | X | | | |
| Clusiaceae | <i>Chrysochlamys grandifolia</i> | ET | NC | | | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|---------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Sapotaceae | <i>Chrysophyllum argenteum</i> | EP | NC | X | | X | |
| Sapotaceae | <i>Chrysophyllum brenesii</i> | EP | NC | X | | | |
| Sapotaceae | <i>Chrysophyllum sp.</i> | EP | NC | | | X | X |
| Lauraceae | <i>Cinnamomum neurophyllum</i> | ET | NC | | | X | X |
| Lauraceae | <i>Cinnamomun sp</i> | ET | NC | X | | | |
| Moraceae | <i>Clarisia biflora</i> | EP | NC | | | | X |
| Moraceae | <i>Clarisia racemosa</i> | EP | NC | X | | | |
| Clethraceae | <i>Clethra hondurensis</i> | EP | NC | | X | | |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba sp.</i> | EP | NC | | | X | |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba standleyana</i> | EP | C | | X | X | X |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba tuerckheimii</i> | EP | C | X | X | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Cojoba arborea</i> | EP | NC | | | X | |
| Myristicaceae | <i>Compsonaura excelsa</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Compsonaura mexicana</i> | ET | NC | | | X | |
| Myristicaceae | <i>Compsonaura sprucei</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Melastomataceae | <i>Conostegia sp.</i> | HE | NC | | | | X |
| Fabaceae / caes. | <i>Copaifera camibar</i> | ET | C | X | X | X | |
| Boraginaceae | <i>Cordia bicolor</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Boraginaceae | <i>Cordia cymosa</i> | ET | C | X | | | X |
| Boraginaceae | <i>Cordia sp.</i> | ET | NC | | X | X | X |
| Lecythidaceae | <i>Couratari guianensis</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Lecythidaceae | <i>Couratari scottmorii</i> | ET | C | X | | X | |
| Rubiaceae | <i>Coussarea nigrescens</i> | ET | NC | X | | X | X |
| Rubiaceae | <i>Coussarea psychotrioides</i> | ET | NC | | | | X |
| Rubiaceae | <i>Coussarea sp</i> | ET | NC | | | | X |
| Rubiaceae | <i>Coussarea talamancana</i> | ET | NC | | | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Croton brevipes</i> | HE | NC | | | X | X |
| Euphorbiaceae | <i>Croton schiedeanus</i> | HE | NC | X | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Arecaceae | <i>Cryosophila guagara</i> | ET | NC | | X | | X |
| Sapindaceae | <i>Cupania glabra</i> | ET | NC | | | | X |
| Sapindaceae | <i>Cupania sp</i> | ET | NC | | X | | X |
| Annonaceae | <i>Cymbopetalum costaricense</i> | EP | NC | | X | | |
| Fabaceae / caes. | <i>Cynomethra retusa</i> | EP | NC | | | | X |
| Thymelaeaceae | <i>Daphnopsis costaricensis</i> | EP | NC | X | | | |
| Icacinaceae | <i>Dendrobangia boliviana</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Araliaceae | <i>Dendropanax arboreus</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Fabaceae / caes. | <i>Dialium guianense</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Dichapetalaceae | <i>Dichapetalum axillare</i> | ET | NC | | X | | X |
| Icacinaceae | <i>Discophora guianensis</i> | HD | NC | | | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Drypetes standleyi</i> | ET | NC | | X | | |
| Annonaceae | <i>Duguetia confusa</i> | EP | NC | X | | | |
| Annonaceae | <i>Duguetia panamensis</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Duroia costaricensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Fabaceae / pap. | <i>Dussia cuscatlanica</i> | ET | C | X | | | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Dussia macrophyllata</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Dussia sp.</i> | ET | NC | X | | X | |
| Clusiaceae | <i>Dystovomita paniculata</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Dystovomita sp</i> | EP | NC | | | | X |
| Sapotaceae | <i>Elaeoluma glabrescens</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum macrophyllum</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Lecythidaceae | <i>Eschweilera calyculata</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Lecythidaceae | <i>Eschweilera integrifolia</i> | ET | C | | | X | |
| Myrtaceae | <i>Eugenia sp.</i> | EP | NC | X | X | X | |
| Arecaceae | <i>Euterpe precatoria</i> | EP | NC | X | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|----------------|------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Rubiaceae | <i>Faramea occidentalis</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Faramea sp</i> | ET | NC | | | X | |
| Moraceae | <i>Ficus maxima</i> | ET | NC | | X | | |
| Moraceae | <i>Ficus popenoie</i> | HD | NC | | X | | X |
| Clusiaceae | <i>Garcinia intermedia</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Garcinia macrophylla</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Garcinia madruno</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Genipa americana</i> | HE | C | | X | | |
| Violaceae | <i>Gloeospermum diversipetalum</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Theaceae | <i>Gordonia brandegeei</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Theaceae | <i>Gordonia fruticosa</i> | ET | C | | | X | |
| Lecythidaceae | <i>Grias cauliflora</i> | EP | C | | X | X | X |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira costaricana</i> | HD | NC | | X | | |
| Meliaceae | <i>Guarea bullata</i> | EP | NC | X | X | | X |
| Meliaceae | <i>Guarea grandifolia</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Meliaceae | <i>Guarea kunthiana</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Meliaceae | <i>Guarea pterorhachis</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Meliaceae | <i>Guarea sp.</i> | EP | NC | X | | X | X |
| Meliaceae | <i>Guarea williamsii</i> | EP | NC | | X | | |
| Annonaceae | <i>Gutteria aeruginosa</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Gutteria amplifolia</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Gutteria chiriquiensis</i> | ET | NC | | X | | |
| Annonaceae | <i>Gutteria diospyroides</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Gutteria sp.</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Guettarda sanblasensis</i> | EP | NC | X | | | |
| Lecythidaceae | <i>Gustavia brachycarpa</i> | ET | NC | X | X | X | |
| Flacourtiaceae | <i>Hasseltia floribunda</i> | EP | NC | | | | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|-----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Flacourtiaceae | <i>Hasseltia sp</i> | ET | NC | | | X | X |
| Olacaceae | <i>Heisteria concinna</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Olacaceae | <i>Heisteria cyanocarpa</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Olacaceae | <i>Heisteria macrophylla</i> | EP | NC | X | | | |
| Olacaceae | <i>Heisteria sp</i> | EP | NC | | | X | X |
| Tiliaceae | <i>Heliocarpus appendiculatus</i> | ET | NC | | | X | X |
| Melastomataceae | <i>Henriettea tuberculosa</i> | EP | NC | | X | X | X |
| Hernandiaceae | <i>Hernandia stenura</i> | HD | C | | X | X | X |
| Chrysobalanaceae | <i>Hirtella racemosa</i> | EP | NC | | X | | |
| Chrysobalanaceae | <i>Hirtella sp</i> | EP | NC | | | X | |
| Chrysobalanaceae | <i>Hirtella triandra</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Bombacaceae | <i>Huberodendron allenii</i> | ET | C | X | | | |
| Humiriaceae | <i>Humiriastrum diguense</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Euphorbiaceae | <i>Hyeronima alchorneoides</i> | HD | C | | X | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Hyeronima oblonga</i> | HD | C | X | X | X | |
| Fabaceae / caes. | <i>Hymenaea courbaril</i> | EP | C | X | X | | X |
| Menispermaceae | <i>Hyperbaena leptobotryosa</i> | EP | NC | | | | X |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex skutchii</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex sp</i> | EP | C | | | | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga acuminata</i> | EP | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga aff. coruscans</i> | EP | NC | | | | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga aff. acuminata</i> | EP | NC | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga alba</i> | HD | C | | | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga bella</i> | HD | NC | | | | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga coruscans</i> | HD | C | | X | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga densiflora</i> | HD | C | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga heterophylla</i> | HD | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga jimenezii</i> | ET | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga marginata</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga multijuga</i> | HD | NC | | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Fabaceae / mim. | <i>Inga oerstediana</i> | HD | NC | | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga pezizifera</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga polita</i> | HD | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga punctata</i> | HD | NC | X | | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sapindoides</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sertulifera</i> | HD | NC | X | | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sp.</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sp.1</i> | HD | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sp.2</i> | HD | NC | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sp.3</i> | HD | NC | | | | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga sp.4</i> | HD | NC | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga spectabilis</i> | HD | NC | | X | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga thibaudiana</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Inga umbellifera</i> | HD | NC | | X | | X |
| Arecaceae | <i>Iriartea deltoidea</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Isertia haenkeana</i> | HE | NC | | | | X |
| Rubiaceae | <i>Isertia laevis</i> | HE | NC | X | | | X |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda caucana</i> | HE | C | X | X | X | |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda copaia</i> | HD | C | | X | X | X |
| Caricaceae | <i>Jacaratia dolichaula</i> | HE | NC | | | | X |
| Caricaceae | <i>Jacaratia spinosa</i> | HE | NC | | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Klarobelia stipitata</i> | ET | NC | | | X | |
| Flacourtiaceae | <i>Lacistema aggregatum</i> | ET | NC | | | X | X |
| Apocynaceae | <i>Lacmellea panamensis</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Flacourtiaceae | <i>Laetia procera</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Lecointea amazonica</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania affinis</i> | HD | C | | X | | |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania hypoleuca</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania operculipetala</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania sp</i> | HD | NC | | | X | X |
| Lauraceae | <i>Licaria misantlae</i> | ET | NC | X | | | |
| Lauraceae | <i>Licaria sarapiquensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Lauraceae | <i>Licaria sp</i> | ET | NC | X | | X | |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Fabaceae / pap. | <i>Lonchocarpus macrophyllus</i> | HD | C | | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Lonchocarpus sp.</i> | HD | C | | X | X | |
| Flacourtiaceae | <i>Lozania pittieri</i> | ET | NC | | | X | X |
| Tiliaceae | <i>Luehea seemannii</i> | HE | C | | X | | |
| Flacourtiaceae | <i>Lunania mexicana</i> | EP | NC | X | | X | X |
| Euphorbiaceae | <i>Mabea montana</i> | ET | NC | | | | X |
| Euphorbiaceae | <i>Mabea occidentalis</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Manilkara staminodella</i> | ET | C | | X | | |
| Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Maquira costaricana</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Chrysobalanaceae | <i>Maranthes panamensis</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Marila laxiflora</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Marila pluricostata</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Sapindaceae | <i>Matayba ignifolia</i> | ET | NC | X | | | |
| Sapindaceae | <i>Matayba oppositifolia</i> | ET | NC | | | X | |
| Sabiaceae | <i>Meliosma allenii</i> | ET | NC | | X | | X |
| Sabiaceae | <i>Meliosma glabrata</i> | ET | NC | | | X | |
| Sabiaceae | <i>Meliosma grandiflora</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Sabiaceae | <i>Meliosma sp.</i> | ET | NC | X | | | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia affinis</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia argentea</i> | HE | NC | X | X | | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia elata</i> | HE | NC | | | | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia minutiflora</i> | HE | NC | X | X | | |
| Melastomataceae | <i>Miconia multispicata</i> | HE | NC | | | | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia poeppigii</i> | HE | NC | X | X | | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia sp.</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Melastomataceae | <i>Miconia trinervia</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Micropholis crotonoides</i> | ET | C | X | | X | X |
| Sapotaceae | <i>Micropholis melinoniana</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Micropholis venulosa</i> | ET | C | | X | | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Olacaceae | <i>Minquartia guianensis</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Tiliaceae | <i>Mortoniiodendron anisophyllum</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Tiliaceae | <i>Mortoniiodendron sp</i> | EP | NC | | | | X |
| Melastomataceae | <i>Mouriri colombiana</i> | ET | NC | | | | X |
| Melastomataceae | <i>Mouriri cyphocarpa</i> | EP | NC | X | | X | X |
| Melastomataceae | <i>Mouriri glaesoniana</i> | EP | NC | X | | X | |
| Melastomataceae | <i>Mouriri sp.</i> | EP | NC | X | X | | X |
| Myrtaceae | <i>Myrcia sp.</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Myrtaceae | <i>Myrcia splendens</i> | ET | NC | | | X | |
| Myrtaceae | <i>Myrciantes sp</i> | EP | NC | | | | X |
| Myrtaceae | <i>Myrciaria floribunda</i> | ET | NC | X | | | |
| Moraceae | <i>Naucleopsis ulei</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Nectandra hihua</i> | ET | NC | | | X | |
| Lauraceae | <i>Nectandra membranacea</i> | ET | NC | | | X | |
| Lauraceae | <i>Nectandra reticulata</i> | ET | C | X | | X | X |
| Lauraceae | <i>Nectandra salicina</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Nectandra sp.</i> | ET | NC | | X | | |
| Lauraceae | <i>Nectandra umbrosa</i> | ET | NC | | X | | |
| Nyctaginaceae | <i>Neea amplifolia</i> | ET | NC | | | | X |
| Nyctaginaceae | <i>Neea elegans</i> | ET | NC | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Newtonia suaveolens</i> | ET | C | | X | X | |
| Bombacaceae | <i>Ochroma pyramidale</i> | HE | C | | | | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea dendrodaphne</i> | ET | NC | X | | | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea insularis</i> | ET | NC | X | | | |
| Lauraceae | <i>Ocotea ira</i> | ET | C | | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea leucoxylon</i> | ET | NC | X | X | | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea mollifolia</i> | ET | NC | | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea multiflora</i> | ET | NC | X | | | |
| Lauraceae | <i>Ocotea nicaraguensis</i> | ET | NC | X | | | |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|-------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Lauraceae | <i>Ocotea sp.</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea sp.1</i> | ET | NC | | | X | |
| Lauraceae | <i>Ocotea sp.2</i> | ET | NC | | | | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea sp.3</i> | EP | NC | X | | | |
| Arecaceae | <i>Oenocarpus mapora</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Ormosia coccinea</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Otoba novogranatensis</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Ochnaceae | <i>Ouratea rinconensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Annonaceae | <i>Oxandra venezuelana</i> | ET | NC | | | | X |
| Bombacaceae | <i>Pachira aquatica</i> | HD | NC | | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Palicourea hondensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Proteaceae | <i>Panopsis sp</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Proteaceae | <i>Panopsis suaveolens</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis acostensis</i> | ET | NC | | | | X |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis aeruginosa</i> | ET | NC | X | X | X | |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis calophylla</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis glabra</i> | ET | NC | | | X | |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis pallida</i> | ET | NC | | | X | |
| Myrsinaceae | <i>Parathesis sp.</i> | ET | NC | | X | X | |
| Euphorbiaceae | <i>Pausandra trianae</i> | ET | NC | X | X | | X |
| Fabaceae / caes. | <i>Peltogyne purpurea</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Euphorbiaceae | <i>Pera arborea</i> | EP | C | X | X | | X |
| Moraceae | <i>Perebea hispidula</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Perebea sp</i> | EP | NC | | | | X |
| Lauraceae | <i>Persea sp</i> | EP | NC | | | | X |
| Lauraceae | <i>Phoebe sp</i> | EP | NC | X | | | |
| Euphorbiaceae | <i>Phyllanthus skutchii</i> | ET | NC | X | | | |
| Fabaceae / mim. | <i>Pithecellobium sp.</i> | EP | NC | X | | X | |
| Flacourtiaceae | <i>Pleuranthodendron lindenii</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Pleurothyrium golfodulcensis</i> | ET | NC | X | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Podocarpaceae | <i>Podocarpus guatemalensis</i> | ET | C | X | | | |
| Moraceae | <i>Poulsenia armata</i> | EP | C | | X | X | X |
| Cecropiaceae | <i>Pourouma bicolor</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria bulliformis</i> | ET | C | X | | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria filipes</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria laevigata</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria lecythidicarpa</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria leptopedicellata</i> | ET | NC | | | X | |
| Sapotaceae | <i>Pouteria reticulata</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria sp.</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria subrotata</i> | ET | NC | | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria torta</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Sapotaceae | <i>Pouteria virides</i> | ET | C | X | | | |
| Arecaceae | <i>Prestoea decurrens</i> | EP | NC | X | | | |
| Burseraceae | <i>Protium aff. ravenii</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium confusum</i> | EP | NC | | | X | |
| Burseraceae | <i>Protium costaricense</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium glabrum</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium panamense</i> | EP | C | | X | | X |
| Burseraceae | <i>Protium pecuniosum</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium schippii</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium sp.</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Burseraceae | <i>Protium sp.aff costaricense</i> | EP | NC | X | | | |
| Moraceae | <i>Pseudolmedia mollis</i> | ET | NC | | X | | |
| Moraceae | <i>Pseudolmedia sp.</i> | ET | NC | | X | | X |
| Moraceae | <i>Pseudolmedia spuria</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Fabaceae / mim. | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Psychotria eurycarpa</i> | ET | NC | | | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Rubiaceae | <i>Psychotria grandis</i> | HE | NC | X | | X | X |
| Rubiaceae | <i>Psychotria sp.</i> | HD | NC | | X | X | |
| Fabaceae / pap. | <i>Pterocarpus hayesii</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Pterocarpus officinalis</i> | HD | C | | | X | |
| Fabaceae / pap. | <i>Pterocarpus rohrii</i> | HD | C | X | | | |
| Fabaceae / pap. | <i>Pterocarpus sp</i> | HD | NC | | | | X |
| Vochysiaceae | <i>Qualea polychroma</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Bombacaceae | <i>Quararibea asterolepis</i> | EP | NC | | | X | X |
| Bombacaceae | <i>Quararibea sp</i> | EP | NC | | X | | |
| Quiinaceae | <i>Quiina amazonica</i> | EP | NC | X | | X | X |
| Quiinaceae | <i>Quiina colonensis</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Quiinaceae | <i>Quiina macrophylla</i> | EP | NC | | X | X | |
| Quiinaceae | <i>Quiina schippii</i> | EP | NC | | | X | X |
| Quiinaceae | <i>Quiina sp.</i> | EP | NC | X | X | | |
| Rutaceae | <i>Ravenia rosea</i> | ET | NC | | | X | |
| Violaceae | <i>Rinorea crenata</i> | ET | NC | | | | X |
| Violaceae | <i>Rinorea squamata</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Rollinia pittierii</i> | HD | NC | X | | | |
| Rubiaceae | <i>Rudgea reducticalyx</i> | ET | NC | | | X | |
| Lepidobotryaceae | <i>Ruptiliocarpon caracolito</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Rustia costaricensis</i> | ET | NC | | | | X |
| Rubiaceae | <i>Rustia occidentalis</i> | EP | NC | | X | | |
| Hippocrateaceae | <i>Salacia cordata</i> | EP | NC | X | | | |
| Euphorbiaceae | <i>Sapium glandulosum</i> | HD | C | | | X | X |
| Fabaceae / caes. | <i>Schizolobium parahyba</i> | HD | C | X | X | | X |
| Simaroubaceae | <i>Simaba polyphylla</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba amara</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Rubiaceae | <i>Simira maxonii</i> | EP | NC | | X | | |
| Monimiaceae | <i>Siparuna cuspidata</i> | ET | NC | | | | X |
| Monimiaceae | <i>Siparuna sp</i> | ET | NC | X | | | |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|------------------|------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea aff.sulcata</i> | ET | NC | | | X | |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea brachytepala</i> | ET | NC | | | | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea laurifolia</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea medusula</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea meianthera</i> | ET | NC | X | | | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea obtusifolia</i> | ET | NC | | | X | |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea picapica</i> | ET | NC | X | X | | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea sp.</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea sulcata</i> | ET | C | | | | X |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea zuliaensis</i> | ET | NC | | X | | |
| Arecaceae | <i>Socratea exorrhiza</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Sorocea affinis</i> | EP | NC | | X | X | X |
| Moraceae | <i>Sorocea cufodontisii</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Sorocea pubivena</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Moraceae | <i>Sorocea sp.</i> | EP | NC | | X | X | |
| Malpighiaceae | <i>Spachea correae</i> | HD | NC | | | X | X |
| Sterculiaceae | <i>Sterculia costaricana</i> | EP | C | | X | X | X |
| Sterculiaceae | <i>Sterculia recordiana</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Fabaceae / pap. | <i>Swartzia simplex</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Symphonia globulifera</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Symplocaceae | <i>Symplocos sp</i> | ET | NC | | X | | X |
| Fabaceae / caes. | <i>Tachigali versicolor</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Magnoliaceae | <i>Talauma gloriensis</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Anacardiaceae | <i>Tapirira myriantha</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Combretaceae | <i>Terminalia amazonia</i> | HD | C | X | X | X | |
| Combretaceae | <i>Terminalia bucidoides</i> | HD | C | | X | | |
| Burseraceae | <i>Tetragastris panamensis</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Flacourtiaceae | <i>Tetrathylacium macrophyllum</i> | EP | NC | | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|---------------|-----------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Sterculiaceae | <i>Theobroma angustifolium</i> | HE | NC | | | X | |
| Sterculiaceae | <i>Theobroma simiarum</i> | HE | NC | | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Tovomita paniculata</i> | ET | NC | | | | X |
| Clusiaceae | <i>Tovomita sp.</i> | ET | NC | | | X | |
| Clusiaceae | <i>Tovomita stylosa</i> | ET | NC | | | X | |
| Clusiaceae | <i>Tovomita weddelliana</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Clusiaceae | <i>Tovomitopsis myrcioides</i> | ET | NC | | | | X |
| Burseraceae | <i>Trattinnickia aspera</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Ulmaceae | <i>Trema micrantha</i> | HE | NC | X | X | X | |
| Meliaceae | <i>Trichilia septentrionalis</i> | HD | NC | X | X | X | X |
| Meliaceae | <i>Trichilia sp.</i> | HD | NC | | X | | |
| Tiliaceae | <i>Trichospermum galeottii</i> | HE | NC | X | X | X | X |
| Tiliaceae | <i>Trichospermum grewiifolium</i> | HE | NC | X | | | |
| Moraceae | <i>Trophis mexicana</i> | ET | NC | | X | | |
| Moraceae | <i>Trophis racemosa</i> | ET | NC | | X | | |
| Annonaceae | <i>Unonopsis panamensis</i> | ET | NC | | | X | |
| Annonaceae | <i>Unonopsis pittieri</i> | ET | NC | X | X | | X |
| Annonaceae | <i>Unonopsis sp.</i> | ET | NC | | | X | X |
| Annonaceae | <i>Unonopsis storkii</i> | ET | NC | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Unonopsis theobromifolia</i> | ET | NC | | | X | X |
| Humiriaceae | <i>Vantanea barbourii</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Virola guatemalensis</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Virola koschnyi</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Virola sebifera</i> | EP | C | X | X | X | X |
| Myristicaceae | <i>Virola sp.</i> | EP | NC | | | X | X |
| Myristicaceae | <i>Virola surinamensis</i> | EP | C | | X | | X |
| Clusiaceae | <i>Vismia macrophylla</i> | HE | NC | | | X | |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia allenii</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia ferruginea</i> | HD | C | X | X | X | X |

Continúa...

| Familia | Nombre científico | G.E | V.C | SACB | SATM | SATT | SABT |
|-----------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Vochysiaceae | <i>Vochysia guatemalensis</i> | HD | C | X | | X | |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia megalophylla</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Sapindaceae | <i>Vouarana anomala</i> | ET | NC | X | X | | X |
| Arecaceae | <i>Welfia regia</i> | EP | NC | X | X | X | X |
| Lauraceae | <i>Williamodendron glaucophyllum</i> | ET | C | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Xylopiac macrantha</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Xylopiac sericophylla</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Annonaceae | <i>Xylopiac sp</i> | HD | NC | | | X | |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum acuminatum</i> | HD | NC | | X | X | X |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum ekmanii</i> | HD | C | X | X | X | X |
| Rhamnaceae | <i>Ziziphus chloroxylon</i> | EP | NC | | | X | |
| Fabaceae / mim. | <i>Zygia sp</i> | ET | NC | X | | X | X |