

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**Evaluación de plantaciones forestales mixtas en Santa Cecilia, La Cruz,
Guanacaste.**

Informe de proyecto de graduación
para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Forestal

Manuel Torres Ortega

CARTAGO, 2007

Resumen

Las plantaciones forestales brindan una serie de productos y servicios de gran interés para la sociedad actual y futura. Para ello se requiere de un adecuado planeamiento del manejo silvicultural basado en información confiable.

En el presente trabajo se estableció una red de parcelas permanentes circulares de 500 m² en las plantaciones mixtas ubicadas en Santa Cecilia, en la Cruz de Guanacaste, donde se registró la información dasométrica de los individuos y se evaluó el estado silvicultural y el crecimiento.

Se encontró que las plantaciones tienen 741 árboles por hectárea con distribución diametral en forma de “J invertida” y con un IMA en diámetro de 1.50 cm. Hay un 47.6% de los individuos con una troza podada, el 24% de los árboles con bifurcaciones a una altura promedio de 3.54 m y un 38.4% de los individuos de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) presentan ataques de *Hypsipyla grandella*.

Los índices de calidad y estado fitosanitario tienen valores de 1.66 y 1.14 respectivamente, y la mortalidad es del 21.44%, lo anterior indica un estado silvicultural bueno.

Las plantaciones mixtas están agrupadas en cuatro mezclas de gremios ecológicos. Las mayores dimensiones e incrementos medios anuales en diámetro y en altura se registraron en la mezcla heliófita efímera-heliófita durable. Las mezclas más exitosas combinan klinki, gallinazo, pilón, amarillón, cedro y caoba; principalmente en proporciones 50/50, 50/25/25 y 25/25/25/25.

Palabras clave: Silvicultura de plantaciones / Plantaciones forestales mixtas / Manejo / Crecimiento / Evaluación de plantaciones /

Acreditación

EVALUACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE.

**Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal del
Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial
para optar al título de Bachiller en Ingeniería Forestal**

Miembros del Tribunal

**MSc. Freddy Rojas Rodríguez,
Profesor Asesor, Escuela de Ingeniería Forestal**

**Ph.D. Guillermo Navarro Monge,
Representante de la Sociedad Anónima
Planicies de San Blas**

**MSc. Gustavo Torres Córdoba, Lector,
Escuela de Ingeniería Forestal**

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos
por su apoyo durante mis
estudios

Agradecimientos

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento a las siguientes personas:

Al Ph.D. Guillermo Navarro y al Ing. Guillermo Calderón por el apoyo financiero y logístico para la ejecución del proyecto.

A los Miembros del tribunal evaluador, por su valiosa guía, y muy especialmente al MSc. Freddy Rojas Rodríguez, Profesor Asesor, por sus aportes, sugerencias e invaluable guía.

Índice general

Página

RESUMEN	I
ACREDITACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
SILVICULTURA DE PLANTACIONES.....	3
<i>Selección de especies</i>	4
<i>Sitio y establecimiento</i>	4
<i>Control de malezas</i>	5
<i>Control de plagas y enfermedades</i>	6
<i>Fertilización</i>	6
<i>Podas</i>	7
<i>Raleos</i>	7
PLANTACIONES MIXTAS	8
<i>Definición</i>	9
<i>Clasificación</i>	9
<i>Criterios silviculturales</i>	10
EVALUACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES	11
<i>Crecimiento</i>	11
<i>Área neta plantada</i>	11
<i>Mantenimiento</i>	11
<i>Manejo silvicultural</i>	11
MONITOREO EN PLANTACIONES FORESTALES	12
<i>Inventarios en plantaciones forestales</i>	13
<i>Parcelas permanentes de muestreo</i>	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
DESCRIPCIÓN DE LAS FINCAS	14
<i>Objetivos y antecedentes del manejo</i>	14
<i>Ubicación</i>	14

<i>Topografía y suelos</i>	15
<i>Clima y zonas de vida</i>	16
<i>Uso anterior y estado actual</i>	16
DISEÑO DE LAS PLANTACIONES.....	16
<i>Especies</i>	17
METODOLOGÍA.....	19
<i>Variables evaluadas</i>	19
<i>Clases de tamaño</i>	20
<i>Diseño del muestreo</i>	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN GENERAL DE LAS PLANTACIONES MIXTAS	23
<i>Distribución diametral</i>	23
<i>Estructura vertical</i>	26
<i>Composición florística y ecológica</i>	28
EVALUACIÓN DE LAS PLANTACIONES.....	29
<i>Crecimiento</i>	29
<i>Área neta plantada</i>	32
<i>Mantenimiento</i>	32
<i>Evaluación y descripción del manejo silvicultural</i>	33
ANÁLISIS POR MEZCLA DE GREMIOS.....	38
<i>Mezcla 1: Microrodales puros y mezcla de especies heliófitas durables</i>	38
<i>Mezcla 2: Especies heliófitas durables con esciófitas parciales</i>	40
<i>Mezcla 3: Especies heliófitas efímeras con heliófitas durables</i>	41
<i>Mezcla 4: Especies heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales</i>	42
<i>Comportamiento general</i>	43
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	51

Índice de cuadros

Número	Título	Página
CUADRO 1.	LISTA DE ESPECIES FORESTALES EMPLEADAS EN LAS PLANTACIONES MIXTAS, EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	17
CUADRO 2.	CLASES DE TAMAÑO UTILIZADAS EN EL MUESTREO EN LAS FINCAS OROSI Y CACAO, EL SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	20
CUADRO 3.	DENSIDAD POR CLASE DE TAMAÑO DE LAS ESPECIES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	25
CUADRO 4.	DIÁMETRO PROMEDIO (CM), DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN POR CLASE DE TAMAÑO EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	26
CUADRO 5.	DENSIDAD POR CATEGORÍA DE ALTURA EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	26
CUADRO 6.	ALTURA PROMEDIO (M), DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN POR CLASE DE TAMAÑO EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	27
CUADRO 7.	DENSIDAD POR GRUPO ECOLÓGICA Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	28
CUADRO 8.	INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA) DEL DIÁMETRO (D), EL ÁREA BASAL (G), LA ALTURA (H) POR RITMO DE CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	31
CUADRO 9.	DENSIDAD, DIÁMETRO PROMEDIO, ALTURA TOTAL PROMEDIO Y ÁREA BASAL POR RITMO DE CRECIMIENTO PARA LOS INDIVIDUOS DE LAS PLANTACIONES MIXTAS, EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	32
CUADRO 10.	RESUMEN DE VARIABLES E ÍNDICES EVALUADOS EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	37
CUADRO 11.	INDICADORES DE CALIDAD EN LAS COMBINACIONES DE ESPECIES PARA LOS MICRORODALES PUROS Y MEZCLA DE ESPECIES HELIÓFITAS DURABLES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS, SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	39
CUADRO 12.	INDICADORES DE CALIDAD EN LAS COMBINACIONES DE ESPECIES PARA LA MEZCLA DE ESPECIES HELIÓFITAS DURABLES CON ESCIÓFITAS PARCIALES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS, SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	40

Número	Título	Página
CUADRO 13.	INDICADORES DE CALIDAD EN LAS COMBINACIONES DE ESPECIES PARA LA MEZCLA DE ESPECIES HELIÓFITAS EFÍMERAS CON HELIÓFITAS DURABLES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS, SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	41
CUADRO 14.	INDICADORES DE CALIDAD EN LAS COMBINACIONES DE ESPECIES PARA LA MEZCLA DE ESPECIES HELIÓFITAS EFÍMERAS CON HELIÓFITAS DURABLES Y ESCIÓFITAS PARCIALES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS, SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	42
CUADRO 15.	ANÁLISIS DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA) EN DIÁMETRO (D) Y EN ALTURA (H) POR COMBINACIÓN DE GREMIOS ECOLÓGICOS Y EDADES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	43
CUADRO 16.	RESUMEN DE VARIABLES E ÍNDICES EVALUADOS EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	44

Índice de figuras

Número	Título	Página
FIGURA 1.	PATRONES DE CONTROL DE MALEZAS.....	6
FIGURA 2.	UBICACIÓN POLÍTICA DE LAS FINCAS CACAO Y OROSI.	15
FIGURA 3.	MAPA DE USO ACTUAL Y UBICACIÓN DE PARCELAS EN LA FINCA OROSI, PROYECCIÓN LAMBERT COSTA RICA NORTE.	21
FIGURA 4.	MAPA DE USO ACTUAL Y UBICACIÓN DE PARCELAS EN LA FINCA OROSI, PROYECCIÓN LAMBERT COSTA RICA NORTE.	22
FIGURA 5.	DISTRIBUCIÓN DIAMETRAL DE LA DENSIDAD DE INDIVIDUOS POR HECTÁREA PARA LAS PLANTACIONES MIXTAS DE DOS FINCAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	23
FIGURA 6.	DISTRIBUCIÓN DIAMETRAL DE LA DENSIDAD DE INDIVIDUOS POR HECTÁREA PARA LAS ESPECIES PLANTADAS CON MAYOR DENSIDAD EN LAS DOS FINCAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	24
FIGURA 7.	DAÑO POR ATAQUE DE <i>HYPsipyla grandella</i> EN CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i>) EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.....	34

Índice de anexos

Número	Título	Página
ANEXO 1.	DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA DE LAS ESPECIES DE LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	52
ANEXO 2.	DENSIDAD POR CLASE DE TAMAÑO PARA LAS ESPECIES NATURALES Y PLANTADAS, EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	53
ANEXO 3.	DENSIDAD POR RITMO DE CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	54
ANEXO 4.	DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE ALTURA DE LAS ESPECIES DE LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	55
ANEXO 5.	DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA BASAL POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA DE LAS ESPECIES DE LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	56
ANEXO 6.	INCREMENTOS MEDIOS ANUALES (IMA) PARA LAS VARIABLES DE DIÁMETRO (D), ALTURA (H) Y ÁREA BASAL (G) Y EDAD PROMEDIO (E) PARA LAS ESPECIES PLANTADAS EN LAS FINCAS CACAO Y OROSI, EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	57
ANEXO 7.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS, CALIDAD Y MORTALIDAD POR COMBINACIÓN DE GREMIOS ECOLÓGICOS EN LAS PLANTACIONES MIXTAS EN SANTA CECILIA, LA CRUZ, GUANACASTE, 2007.	58
ANEXO 8.	FORMULARIO DE CAMPO.	59

Introducción

La simplicidad de las plantaciones forestales en comparación con la diversidad de los bosques naturales tropicales, puede ser resuelta mediante la integración de la perspectiva de plantaciones ecológicamente diversas y sustentables al concepto de productividad. Las plantaciones mixtas pueden desarrollar una dinámica y estructura similar a un bosque natural, al incorporar en su diseño, especies de distintos gremios ecológicos y cumplir funciones ecológicas complementarias.

De esta manera, las plantaciones mixtas pueden proveer diferentes productos forestales e ingresos escalonados en el tiempo; además, se puede regular la competencia por nutrientes, luz y agua, y optimizar el uso del suelo; lo que permite desarrollar una silvicultura más sostenible, rentable y ecológicamente amigable.

Como toda actividad productiva, la reforestación requiere de una adecuada planificación, basada en información confiable que permita la toma de decisiones para asegurar la inversión.

La mayor parte de la información silvicultural para el manejo de plantaciones ha sido desarrollada a partir del monocultivo de especies forestales; las experiencias en plantaciones mixtas han sido pocas y la información para su manejo es escasa, sobre todo cuando se emplean especies nativas.

En las plantaciones de las sociedades Planicies de San Blas y Compañía Agrícola Bosques de Monte Real, ubicadas en Santa Cecilia en La Cruz de Guanacaste, integran diseños que combinan la siembra de especies, nativas y exóticas, de rápido, mediano y lento crecimiento, conjuntamente con el manejo integrado de la regeneración natural de otras especies forestales.

Debido a la poca información sobre la silvicultura en este tipo de plantaciones, se consideró necesario establecer un sistema de monitoreo, vía parcelas permanentes, con el fin de obtener la información básica para evaluar su estado y desarrollo.

Objetivos

Objetivo General

Estimar el crecimiento y el estado silvicultural de las plantaciones forestales mixtas en dos fincas, en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste.

Objetivos Específicos

- Establecer un sistema de parcelas permanentes para la medición y monitoreo de plantaciones mixtas.
- Describir el manejo silvicultural actualmente aplicado a las plantaciones.
- Determinar la estructura y composición ecológica de las plantaciones.
- Estimar el crecimiento de las plantaciones.
- Determinar el efecto de la combinación de gremios ecológicos sobre el crecimiento.
- Determinar el estado silvicultural actual de las plantaciones.

Revisión de literatura

La actividad forestal de un país pretende poner a disposición de la sociedad, eficiente y permanentemente, los bienes y servicios derivados del bosque y así brindar a la sociedad la máxima cantidad de productos (agua, madera para aserrar, leña, fibras, astillas, belleza escénica, alimentos, etc.), de la mejor calidad, al más bajo costo (Ortiz, 1993).

Silvicultura de plantaciones

Ha sido varias las definiciones de silvicultura que se han propuesto a través del tiempo, según Rojas (2001) estas definiciones coinciden en que la silvicultura “es la rama de las ciencias forestales que se encarga de la creación, mantenimiento y tratamiento del bosques que permiten su aprovechamiento racional”. En cuanto a plantaciones forestales Rojas (2001) menciona que es “el cultivo de árboles forestales técnicamente planeado para la obtención de productos y beneficios forestales de la mejor calidad, con el mínimo costo y en el menor tiempo posible”. Esto implica que la silvicultura es más que la utilización de los productos y servicios que posee una plantación, supone también la existencia de una hábil planificación para garantizar una producción, de tal manera que se pueda obtener el máximo de efectividad con bajos costos y de forma sostenible.

El desarrollo de la silvicultura moderna en plantaciones, está sin duda basado en la productividad y retribuciones económicas que ésta pueda darle al inversionista (Murillo y Badilla, 2004).

Debido al largo plazo de la actividad forestal y el retorno económico esperado, es vital estimar al más corto plazo posible, si la plantación logrará alcanzar las metas de producción proyectadas. Conceptos como competitividad, calidad y productividad, sólo pueden ser alcanzados si se introduce una cultura de evaluación, la cual debe ir desde la semilla y el vivero, hasta la cosecha del producto (Murillo y Badilla, 2004).

Selección de especies

Una de las decisiones más importantes al iniciar un proyecto de reforestación es la selección de las especies, ya que éstas deben cumplir con el objetivo de la plantación y con las exigencias del sitio a reforestar (Rojas, 2001; Trujillo, 2007). El cruce entre el objetivo de la plantación, la oferta ambiental y los requerimientos de las especies, da la opción adecuada a plantar (Trujillo, 2007).

En Costa Rica, la falta de información silvicultural de las especies nativas fue uno de los factores que influyó para que estas especies no fueran consideradas prioritarias en los programas de reforestación (Salas y Jiménez, 2002). La utilización de estas especies en plantaciones forestales ha tenido un incremento significativo en los últimos años, con el inconveniente que en la actualidad no existe la información necesaria y suficiente para predecir su comportamiento (Mora y Chinchilla, 2002).

Sitio y establecimiento

Es necesario una adecuada evaluación previa del sitio, para analizar la factibilidad de la plantación y las posibles especies; entre los aspectos a evaluar se encuentran el uso anterior, posición topográfica, forma, pendiente, suelo, área plantable y factores logísticos (Trujillo, 2007). La determinación del área plantable es de suma importancia, ya que aunque la mayor parte del terreno sea reforestable, la inversión no necesariamente es ecológica ni económicamente justificable (Rojas, 2001).

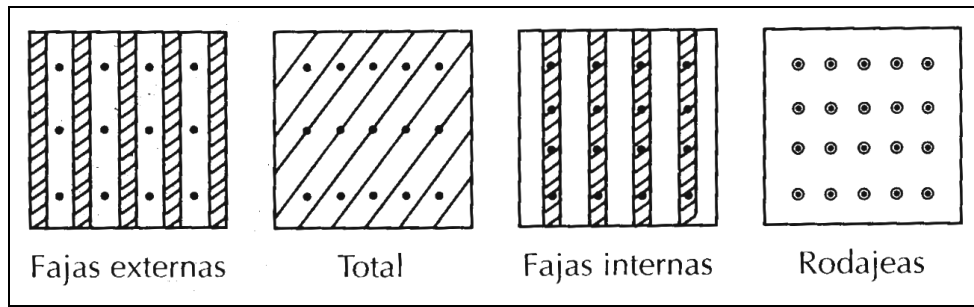
Si el sitio es apto para un plan de reforestación, es necesario, una adecuada preparación del terreno para asegurar el éxito de la plantación; ya que ésta tiene como propósitos el control de la vegetación competidora, remover las obstrucciones físicas para el crecimiento de los árboles, mejorar las condiciones edáficas y facilitar labores silviculturales posteriores (Wadsworth, 2000; Rojas, 2001; Trujillo, 2007).

Lamprecht (1990) menciona que el diseño de las plantaciones generalmente se realiza en cuadros o rectángulos y que los diseños triangulares son menos comunes. El distanciamiento inicial de los árboles afecta los costos de plantación, la necesidad de tratamientos silvícolas posteriores y los rendimientos (Wadsworth, 2000), y está en función del tipo y el objetivo de plantación (Rojas, 2001; Trujillo, 2007). El distanciamiento involucra mucho más que la cantidad de árboles requeridos y la facilidad de las prácticas de manejo inicial, pues tiene efectos sobre la rectitud del tronco, la poda natural y artificial, la forma del fuste, el incremento diamétrico y el tamaño de los árboles del primer raleo (Wadsworth, 2000).

Control de malezas

La experiencia ha demostrado que se necesita un control del crecimiento de la maleza, en la mayoría de los sitios forestales, para el éxito de las plantaciones. La invasión de las plantaciones jóvenes por vegetación pionera de crecimiento rápido puede ser dañina o beneficiosa; las malezas, principalmente los pastos que poseen efectos alelopáticos, son dañinos debido a que puede ahogar las plántulas y reducir el crecimiento, por otro lado las malezas pueden contribuir a evitar la incidencia de plagas y la erosión del suelo (Wadsworth, 2000).

Existen cuatro métodos para el control de las malezas: cultural, mecánico, químico e integrado; éstos se pueden llevar a cabo según los patrones que se muestran en la figura 1 (Rojas, 2001). Las plantaciones requieren de un estricto control de maleza desde el establecimiento hasta el cierre del dosel y la cantidad de limpiezas depende de las condiciones y cantidad de maleza, el clima, y la especie arbórea plantada (Wadsworth, 2000; Rojas, 2001; Trujillo, 2007).



Fuente: Rojas, 2001.

Figura 1. Patrones de control de malezas.

Control de plagas y enfermedades

Los problemas de plagas y enfermedades pueden presentarse en cualquier etapa de desarrollo de un árbol, sin embargo, se pueden prevenir en gran parte plantando material de calidad, con una adecuada selección de especie y sitio y su adecuada preparación, realizando las labores silviculturales en forma oportuna e inspecciones periódicas, para detectar posibles plagas y enfermedades (Rojas, 2001).

Fertilización

Según Wadsworth (2000) la conversión de la vegetación natural a bosques producidos por el hombre mediante técnicas de manejo, inevitablemente agotarán el suelo, al disminuir la materia orgánica y los niveles de nutrimentos, dañando la estructura de la capa superficial y reduciendo la porosidad. La magnitud y la velocidad de este deterioro dependen del clima, de las condiciones del suelo, de las prácticas de manejo y de las especies usadas, y se refleja en el menor o retardado crecimiento de los árboles (Wadsworth, 2000).

Rojas (2001) menciona que experimentos realizados en los trópicos demuestran que un oportuno y adecuado programa de fertilización puede aumentar significativamente el rendimiento de las plantaciones. La aplicación de fertilizantes se debe considerar en función

del equilibrio de los nutrientes; en la primera etapa de la plantación, la absorción excede al reemplazo de nutrientes a través de la hojarasca, y es en esta etapa cuando más beneficioso es el fertilizante; esto con el fin de acelerar el crecimiento inicial de los árboles (Wadsworth, 2000).

Podas

Actividad silvicultural que busca mejorar la forma del árbol y la calidad de la madera (Lamprecht, 1990; Wadsworth, 2000; Rojas, 2001; Trujillo, 2007). Las prescripciones de podas inician cuando ocurre el cierre del dosel, haciendo 3 o 4 intervenciones hasta llegar a los 10 m de altura, en muchos casos se omite la tercera debido a los costos (Lamprecht, 1990). Pretende limitar el diámetro nudoso aceptable entre 10 y 15 cm.

La intensidad de la poda se mide en términos del porcentaje de la altura total del árbol (Wadsworth, 2000).

Raleos

El objetivo principal del raleo no es tanto una selección precisa de los individuos cualitativamente más aptos, sino más bien, una regulación espacial entre los árboles, para evitar así la competencia indeseable (Lamprecht, 1990) y redistribuir el potencial del crecimiento en los mejores individuos (Rojas, 2001).

Además de acelerar el crecimiento diamétrico, el raleo, puede ofrecer beneficios económicos mediante los productos intermedios (Wadsworth, 2000).

La densidad, es el estado de competencia entre los árboles, la cual, depende tanto del número de árboles en el rodal, como de su tamaño y distribución en el terreno (Clutter *et al.*, 1983 *citado por* Ortiz, 1994). El raleo, busca mantener la densidad dentro de los límites de recomendados para alcanzar el objetivo del manejo propuesto para la plantación (Ortiz, 1994).

Una plantación no se debe ralearse a muy temprana edad, para no favorecer el crecimiento de maleza y la ramificación del árbol, ni debe ser tardía, ya que el crecimiento diamétrico se reduce y no se pueden recuperar (Wadsworth, 2000).

Plantaciones mixtas

En la naturaleza, los ecosistemas forestales tropicales se componen de mezclas de especies ubicadas en los estratos bajos, medios y altos. El potencial para incrementar productividad en rodales y plantaciones mixtas, comparado con rodales puros, es ampliamente aceptado, aunque no ha sido generalmente incorporado a las prácticas forestales (Sales y Monteiro, 1988 *citado por* Muñoz *et al.*, 2006).

Las plantaciones mixtas, en comparación con las plantaciones puras, promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque, ya que crean una mayor variabilidad de hábitats y favorecen los dispersores de semillas, la germinación y el crecimiento de un mayor número de especies (Guariguata *et al.*, 1995; Montagnini, 2001 *citados por* Alice *et al.*, 2004). En general, la diversificación de especies en plantaciones es deseable, debido a la incertidumbre sobre el desempeño de las especies y los riesgos potenciales de plagas. A su vez, económicamente las plantaciones mixtas tendrán la ventaja de diversificar la producción y así reducir los riesgos en mercados inestables (Alice *et al.*, 2004).

Muchas plantaciones mixtas, se han perdido debido a la mala selección de sitios, mala calidad del material vegetativo y desconocimiento sobre el comportamiento de las especies en mixturas. Aun así, existe una necesidad de información, de manera que cumplan un papel importante dentro del proceso de planificación en la producción forestal (Alice *et al.*, 2004).

Definición

Una plantación mixta es un cultivo simultáneo de dos o más especies en la misma superficie (Rojas, 2001; Loewe y González, 2004 *citado por* Muñoz *et al.*, 2006). Una plantación mixta se puede obtener por la combinación de árboles individuales, líneas o por pequeños bloques de diferentes especies, plantados de forma adyacente (FAO, 1992).

En las plantaciones mixtas es importante la selección de especies, basado en su dinámica de crecimiento en altura y relativa tolerancia a la sombra, para asegurar que ninguna especie sea suprimida (Forrester *et al.*, 2005 *citado por* Muñoz *et al.*, 2006).

Clasificación

En base en la estructura y la duración relativa de la mezcla en la rotación (FAO, 1992), las plantaciones mixtas se clasifican en:

1. Mezcla en dos estratos temporal, que termina en una plantación mono-específica.

Usada en especies valiosas con dificultades de establecimiento, principalmente por circunstancias producidas por factores climáticos o por el ataque de insectos. Se debe tener en cuenta el espaciamiento y crecimiento de las especies, el objetivo del estrato protector (proteger el suelo, proporcionar sombra, etc.), y los posibles beneficios en crecimiento de la especie principal.

2. Mezcla en dos estratos permanentes, que termina en una plantación multi-específica.

Se utiliza para la recuperación y desarrollo del suelo, mantener la capa orgánica y las condiciones que evitan su agotamiento. Algunas especies pierden hojas más fácilmente y proveen de un medio ambiente favorable para la microfauna y flora causantes de la

descomposición del manto de hojarasca, otras tienen el potencial de regular condiciones hidrológicas ó fijar nitrógeno en el suelo.

3. Mezcla en un estrato permanente, que termina en una plantación multi-específica.

Esto significa el mantenimiento de por lo menos dos especies maderables, ambas dominantes, durante la totalidad de la rotación; pero siempre existe la opción de convertirla en una mezcla temporal y terminar la rotación con una especie.

Criterios silviculturales

En las plantaciones mixtas temporales las especies deben ser compatibles en el grado que la especie secundaria no compita con la especie primaria por nutrientes y luz. En plantaciones mixtas permanentes de un solo estrato, las características silviculturales deben ser compatibles, presentar las mismas características de copa, además, de crecimiento, umbral de competencia, área basal máxima, intensidad de raleo y requerimientos de sitio comparables (FAO, 1992).

En plantaciones mixtas de más de un estrato, es necesario conocer los requerimientos ambientales para el establecimiento y desarrollo de las especies a combinar.

Finegan en 1991, propuso una clasificación ecológica, la cual, toma en cuenta las exigencias no sólo para el establecimiento, sino también para el crecimiento de la regeneración; esta clasificación divide las especies en: 1-heliófitas efímeras, se establecen y crecen solamente en claros grandes, 2-heliófitas durables, se establecen bajo el dosel, pero requieren de claros para crecer, 3-esciófitas parciales, se establecen y crecen bajo el dosel, pero exige luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro, y 4-esciófitas totales, se establecen y crecen bajo el dosel (Aus der Berk y Sáenz, 1992).

Evaluación de plantaciones forestales

Crecimiento

Se puede expresar el crecimiento como el aumento de las variables en un tiempo determinado, las variables más utilizadas para el análisis del crecimiento son el diámetro (cm), la altura (m), y el volumen (m³) (Hidalgo, 1994). Según Murillo y Camacho (1992) *citados por* Hidalgo (1994) la evaluación del crecimiento se puede realizar a través de curvas de índice de sitio, curvas de crecimiento y el incremento medio anual.

Área neta plantada

Se refiere al área cubierta realmente por árboles dentro del área efectiva plantada (excluye pequeños claros, caminos etc.); determina de manera directa, el patrón de ocupación u homogeneidad de la plantación y evita el sobredimensionamiento de la masa forestal. Por lo general, es difícil que un proyecto logre plantar más de un 80% del terreno designado para reforestar. Se evalúa con respecto al porcentaje de ocupación: mayor al 90% es excelente, de 80 a 90% es muy bueno, de 70 a 80% es aceptable y menor al 70% es deficiente (Murillo y Badilla, 2004).

Mantenimiento

Engloba tres aspectos: el control de malezas, el estado de las rondas corta fuego y el estado de las cercas (cuando aplica). Con base a estos criterios se le asigna a la plantación una puntuación del 1 al 3 (Murillo y Badilla, 2004).

Manejo silvicultural

La evaluación del manejo silvicultural se realiza mediante la valoración de las prácticas silviculturales y de las condiciones presentadas por los árboles. El estado fitosanitario registra en forma conjunta la incidencia y severidad del problema, se califica en categorías del 1 al 3,

siendo el 1 un árbol completamente sano y 3 un árbol enfermo. Las bifurcaciones en la mayoría de los casos es un ejemplo de mala calidad de semilla, pero también hay causas silviculturales que lo producen, tales como árboles descopados por el viento o plagas que afectan el ápice.

Las podas se evalúan tomando en cuenta, la forma en que se realizó, el daño provocado y la altura de poda, en categorías del 1 al 3.

La calidad del individuo se determina con respecto a la calidad de cada una de sus trozas, evaluadas en una escala del 1 al 4 (Murillo y Badilla, 2004).

Monitoreo en plantaciones forestales

Para garantizar la sostenibilidad de la producción forestal de plantaciones, es necesario conocer las características cualitativas y cuantitativas de la plantación, esto se logra a través de un inventario forestal, el cual requiere de una inversión cuidadosa, que describa las características de la plantación con exactitud y precisión (Palacios, 1998).

CATIE (2002) describe los principales tipos de inventarios y diseños de muestreos utilizados. Define un inventario forestal como un procedimiento que permite recopilar eficientemente información de área, cantidad, calidad y crecimiento de los recurso maderables de un bosque. Se han definido varios tipos de inventarios según el método estadístico y según su objetivo (Malleux, 1982 *citado por* CATIE, 2002).

Por método estadístico se define el inventario al 100% ó censo y el inventario por muestreo, este último a su vez se subclasifica en muestreo al azar y muestreo sistemático, ambos con las variación de la clasificación o no de estratos (estratificado y sin estratificar). Los inventarios según el objetivo se clasifican en inventarios exploratorios, para manejo de bosques naturales, para aprovechamiento forestal y para manejo de plantaciones (CATIE, 2002).

Inventarios en plantaciones forestales

En el manejo de plantaciones se requiere principalmente de información sobre el área de la plantación y generar una tabla o cuadro con las características dasométricas de cada rodal de la plantación, esta información puede ser recolectada mediante un sistema de parcelas, siguiendo un diseño de muestreo (CATIE, 2002).

El diseño del esquema de muestreo es el que determina como se distribuye y seleccionan las unidades (parcelas) que forman parte de la muestra. El principal factor en la selección de las unidades de muestreo es evitar que introduzcan errores de sesgo en la estimación de los parámetros poblacionales (CATIE, 2002).

En la guía técnica elaborada por Murillo y Badilla (2004), para la valoración y determinación de la calidad de plantaciones, se utiliza un procedimiento de inventario que consiste en un diseño de muestreo sistemático estratificado con arranque aleatorio, utiliza parcelas circulares de tamaño fijo, entre 15 y 20 registros, ubicadas a lo largo de fajas de muestreo.

Parcelas permanentes de muestreo

Son unidades de muestreo que permiten recopilar la información requerida para la planificación y el manejo de una especie en determinado sitio (Mora, 1994); quedan demarcada desde el momento de establecerse y medirse los individuos en ella, de forma que puedan ser localizados en las subsiguientes mediciones (Silvia, 1971 *citado por* Mora, 1994), lo cual permite, el monitoreo periódico del desarrollo no sólo de los árboles individuales, sino también, de toda la masa forestal.

Con respecto a los tamaños y formas de las parcelas, un estudio realizado por Palacios (1998) en ciprés (*Cupressus lusitanica*) y melina (*Gmelina arborea*), determinó que las parcelas de tamaño variable son las que presentan los costos más bajos, en tanto las parcelas de 100 m² son las más económicas, mientras que los tamaños de 500 m² son las más eficientes

para la cuantificación forestal; independientemente de la forma y el tamaño. Las parcelas de tamaño fijo son las que proporciona información más exacta y precisa, mientras que el tipo de plantación forestal no afecta significativamente la eficiencia de las parcelas evaluadas.

Materiales y métodos

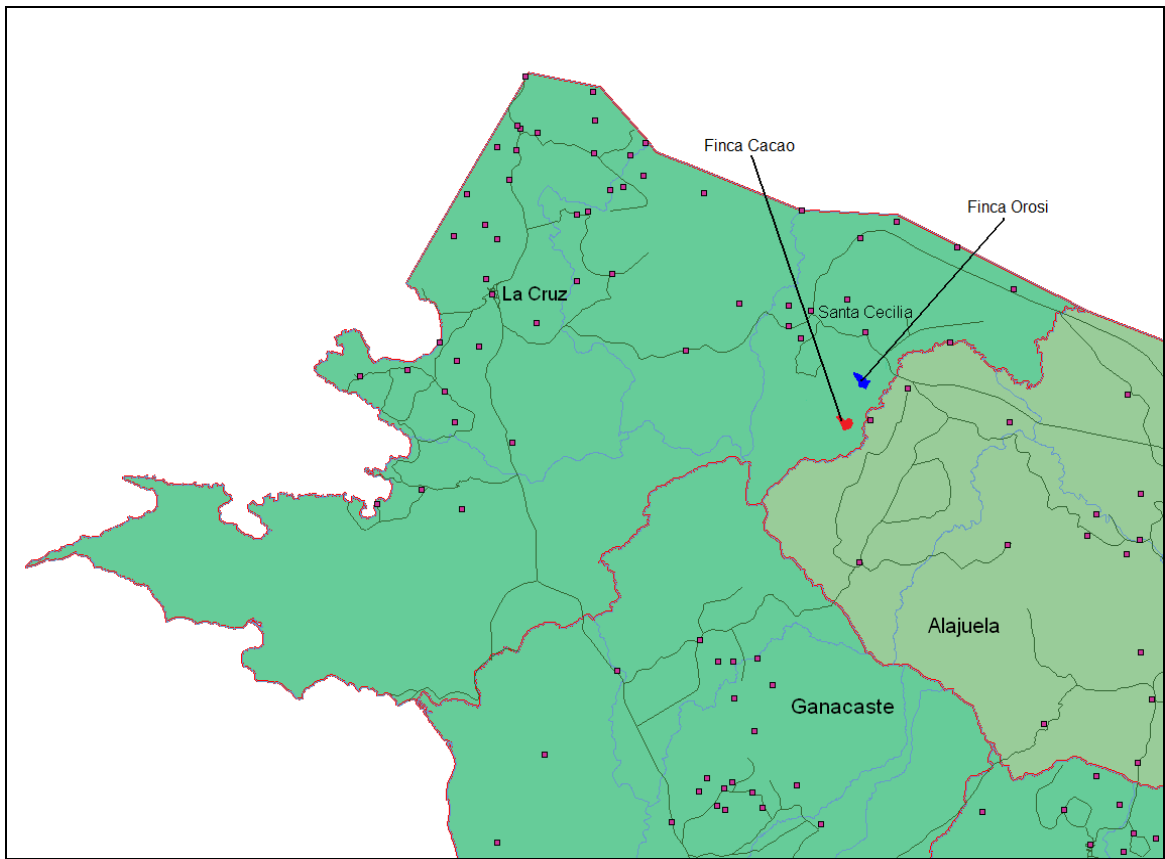
Descripción de las fincas

Objetivos y antecedentes del manejo

El objetivo principal de los propietarios es lograr fincas de producción agroforestal integrada. Hasta la fecha se ha desarrollado los proyectos de plantaciones forestales mixtas (34.9 ha en la Finca Orosi y 31.6 ha en la Finca Cacao), el cultivo de vainilla (*Vainilla planifolia*) en colaboración con INISEFOR, el establecimiento de una parcela experimental de cuculmecha (*Smilax dominguensis*) y zarzaparrilla (*Smilax* spp.), la bioprospección de especies de interés ornamental presentes en el bosque como zamia (*Zamia skinneri*), o de interés medicinal como hombre grande (*Quassia amara*). También se ha iniciado el establecimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en colaboración con el CATIE.

Ubicación

Políticamente las fincas Orosi y Cacao se encuentran ubicadas en el distrito primero Santa Cecilia, cantón décimo La Cruz en la provincia de Guanacaste (Figura 2). Geográficamente la finca Orosi se localizan entre las coordenadas planas 384600 – 385800 de oeste a este y entre las coordenadas 333550 – 332350 de norte a sur, mientras que la finca Cacao se localiza entre las coordenadas planas 383350 – 384550 de oeste a este y entre las coordenadas 330400 – 329350 de norte a sur, proyección Lambert Costa Rica Norte.



Fuente: Atlas digital de Costa Rica, 2004.

Figura 2. Ubicación política de las fincas Cacao y Orosi.

Topografía y suelos

La topografía de las fincas es regular, con pocas ondulaciones que se presentan principalmente a la orilla de quebradas y varían entre el 15 y el 30 % de pendiente, se encuentran entre los 400 y 500 msnm. Los suelos de la finca Orosi son ultisoles y de la finca Cacao inceptisoles de origen volcánico; presentan texturas arcillosas, fertilidad baja y un nivel freático alto (Atlas digital de Costa Rica, 2004).

Clima y zonas de vida

La biotemperatura promedio de la zona donde se ubican las fincas varía entre los 21.5 y 24 °C, la precipitación promedio anual es de 4000 a 6000 mm, con una estación seca de entre 0 y 3.5 meses al año. En el caso de Orosi se encuentra en la zona de vida de bosque muy húmedo tropical, mientras que Cacao se encuentra en la zona de vida de bosque muy húmedo tropical transición a premontano (Atlas digital de Costa Rica, 2004).

Uso anterior y estado actual

Las fincas como muchas de la región, en un principio fueron de uso ganadero, con algunas áreas para cultivos agrícolas, que fueron abandonadas por la poca productividad, debido al deterioro del suelo, producido por estas actividades, y a factores económicos. Actualmente estas fincas han sido reforestadas paulatinamente con diversas especies nativas y exóticas, en un sistema mixto en fajas, entre los pastizales abandonados, y con el manejo de la regeneración por selección y aclareo.

Diseño de las plantaciones

Las plantaciones forestales cuentan con los siguientes diseños combinados:

1. Microrodales puros, con distanciamientos de 3 o 4 m; en algunos con especies claves dispersas.
2. verdaderos rodales mixtos:
 - a. Proporción 50/50 (pionera - heliófita durable): el espaciamiento entre filas y entre árboles es de 3 o 4 m, y sembrando una especie de fila de por medio.
 - b. Proporciones 50/25/25 y 33/33/33 (pionera - heliófita durable - esciófita): el espaciamiento es de 4 m, se intercala una fila de una especie pionera con una fila que combina las especies heliófitas durables y esciófitas parciales.

c. Proporción 25/25/25/25 (pionera - heliófita durable - esciófita): con espaciamentos de 4 m, se intercala una fila que mezcla una pionera con una heliófita durable, con una fila que mezcla una heliófita durable con una esciófita.

d. Existen rodales mixtos con siembra al azar.

En todos los rodales existen árboles maduros que se han podado, así como regeneración natural que se incorporan a la dinámica de los rodales.

Especies

El siguiente cuadro se elaboró con base al listado de especies existentes en las plantaciones forestales mixtas, proporcionada por el representante de las sociedades dueñas de las fincas (Ph.D. Guillermo Navarro).

Cuadro 1. Lista de especies forestales empleadas en las plantaciones mixtas, en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Nombre común	Nombre científico	Finca		Crecimiento	Gremio ecológico	Origen	Tipo de madera
		Orosi	Cacao				
Acacia	<i>Acacia mangium</i>	X	X	M	HD	P	FD
Aceituno	<i>Simaruba amara</i>	X	X	R	HE	Ad	S
Almendro	<i>Dipteryx panamensis</i>	X	X	L	EP	P	FD
Amarillón	<i>Terminalia amazonia</i>	X	X	M	HD	P	FD
Bálsamo	<i>Myroxylon balsamun</i>	X		L	EP	Ad	FD
Botarrama	<i>Vochysia ferruginea</i>	X	X	R	HD	P	Sd
Cachá	<i>Abarema macradenia</i>		X	L	EP	P	FD
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	X	X	L	HE	RN	-
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	X	X	M	HD	P	MF
Caobilla	<i>Carapa guianensis</i>		X	L	HD	P	Sd
Catibo	<i>Prioria copaifera</i>	X	X	M	EP	P	FD
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	X	X	M	HD	P	Sd
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	X		L	HD	P	Sd
Ceibo	<i>Pseudobombax septenatum</i>		X	M	HD	P	Sd
Cenízaro	<i>Samanea saman</i>	X	X	M	HD	P	FD
Cítricos	<i>Citrus sp.</i>	X	X	-	-	P	-

Cuadro 1. Continuación.

Nombre común	Nombre científico	Finca		Crecimiento	Gremio ecológico	Origen	Tipo de madera
		Orosi	Cacao				
Cocobolo	<i>Dalbergia retusa</i>	X	X	L	EP	P	FD
Cocobolo San Carlos	<i>Vatairea lundellii</i>	X	X	L	EP	Ad	MF
Corteza amarilla	<i>Tabebuia chrysantha</i>		X	L	HD	Ad	Sd
Cristóbal	<i>Platimiscium parviflorum</i>	X	X	L	HD	P	MF
Espavel	<i>Anacardium excelsum</i>	X	X	L	EP	P	Sd
Fruta dorada	<i>Virola koschnyi</i>	X	X	L	HD	RN	S
Gallinazo	<i>Schizolobium parahyba</i>	X	X	R	HE	P	Sd
Gavilán	<i>Albizia adinocephala</i>		X	L	HD	P	Sd
Guachipelín	<i>Diphysa americana</i>		X	R	HE	P	Sd
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X	R	HE	RN	Sd
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		X	M	HD	P	FD
Guanacastillo	<i>Enterolobium schomburgkii</i>		X	M	HD	P	Sd
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	X	X	L	EP	P	FD
Guarumo	<i>Cecropia</i> sp.	X	X	R	HE	RN	-
Jacaranda	<i>Jacaranda copaia</i>		X	R	HE	Ad	Sd
Jícaro	<i>Lecythis ampla</i>	X		L	EP	P	Sd
Jobo	<i>Spondias mombin</i>		X	R	HE	Ad	S
Klinki	<i>Araucaria hunsteinii</i>	X	X	M	HD	P	Sd
Lagarto	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>		X	M	HD	Ad	Sd
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	X	X	R	HE	P	Sd
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	X	X	R	HE	Ad	FD
Manga larga	<i>Laetia procera</i>	X		R	HE	Ad	S
Manú Plátano	<i>Vitex cooperi</i>	X		L	ET	RN	FD
Manzana de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	X	X	-	HD	RN	-
María	<i>Calophyllum brasiliense</i>	X	X	M	HD	P	Sd
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	X	X	-	HE	RN	-
Níspero	<i>Manilkara zapota</i>		X	M	HD	Ad	FD
Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>		X	L	HD	RN	FD
Pilón	<i>Hyeronima alchornoides</i>	X	X	M	HD	P	Sd
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>		X	M	HD	P	FD
Popenjoche	<i>Pachira acuatica</i>	X	X	M	HD	RN	Sd
Roble sabana	<i>Tabebuia rosea</i>		X	M	HD	P	Sd
Ronron	<i>Astronium graveolens</i>	X	X	L	EP	P	FD
Chancho	<i>Voshysia guatemalensis</i>	X	X	R	HD	P	Sd
Teca	<i>Tectona grandis</i>	X	X	R	HD	P	FD

Nota: L-lento, M-medio, R-rápido, HE- heliófita efímera, HD-heliófita durable, EP-esciófita parcial, ET-esciófita total, P-plantado, RN-regeneración natural, Ad-árbol adulto, MF-muy finas, FD-finas y duras, Sd-Semiduras y S-suaves.

Metodología

La metodología seguida para la evaluación del estado silvicultural de la plantación es una variación a la propuesta por Murillo y Badilla (2004), para la valoración de la calidad de plantaciones forestales. Incluyó los individuos plantados, la regeneración natural y los árboles adultos presentes dentro de las plantaciones.

Variables evaluadas

- El diámetro a 1.3 m de altura para los individuos mayores a 1.5 m de altura.
- La altura total en todos los individuos.
- El distanciamiento entre filas e hileras (distancia entre 5 árboles)
- El estado fitosanitario: se evaluó con valores del 1 al 3.
- Número de individuos bifurcados y la altura de bifurcación.
- El mantenimiento: se evaluó con valores de 1 al 3.
- El número de trozas posibles por árbol.
- La calidad por troza: se evaluó con valores de 1 al 4.

Clases de tamaño

El siguiente cuadro describe las dimensiones de las clases de tamaño evaluadas.

Cuadro 2. Clases de tamaño utilizadas en el muestreo en las fincas Orosi y Cacao, el Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Clase de tamaño	Dimensiones	
	Diámetro (cm)	Altura (m)
Brinzal	-	0.3 – 1.5
Latizal	< 10	≥ 1.5
Fustal	≥ 10	-

La intensidad de muestreo en la Finca Orosi fue de un 6% (38 parcelas) y en la Finca Cacao fue de un 5% (36 parcelas).

Diseño del muestreo

El diseño de muestreo utilizado es sistemático sin estratificar, con parcelas permanentes circulares de 500 m². Para su ubicación, se diseñó una maya de puntos distanciados cada 100 m y se colocó sobre los mapas de las plantaciones, de tal manera que se lograra el mayor número de unidades de registro, como se muestra en la figura 3 para la finca Orosi, y en la figura 4, para la finca Cacao.

Las parcelas permanentes están georeferenciadas con respecto a las coordenadas tomadas de los mapas y fueron ubicadas en el campo con el uso de GPS y marcadas con un tubo blanco con punta roja, al cual se le colocó una etiqueta con el número del lote, sector y número de parcela.

Dentro de la parcela se identificó cada árbol con una placa que indica el número de parcela y el número de árbol.

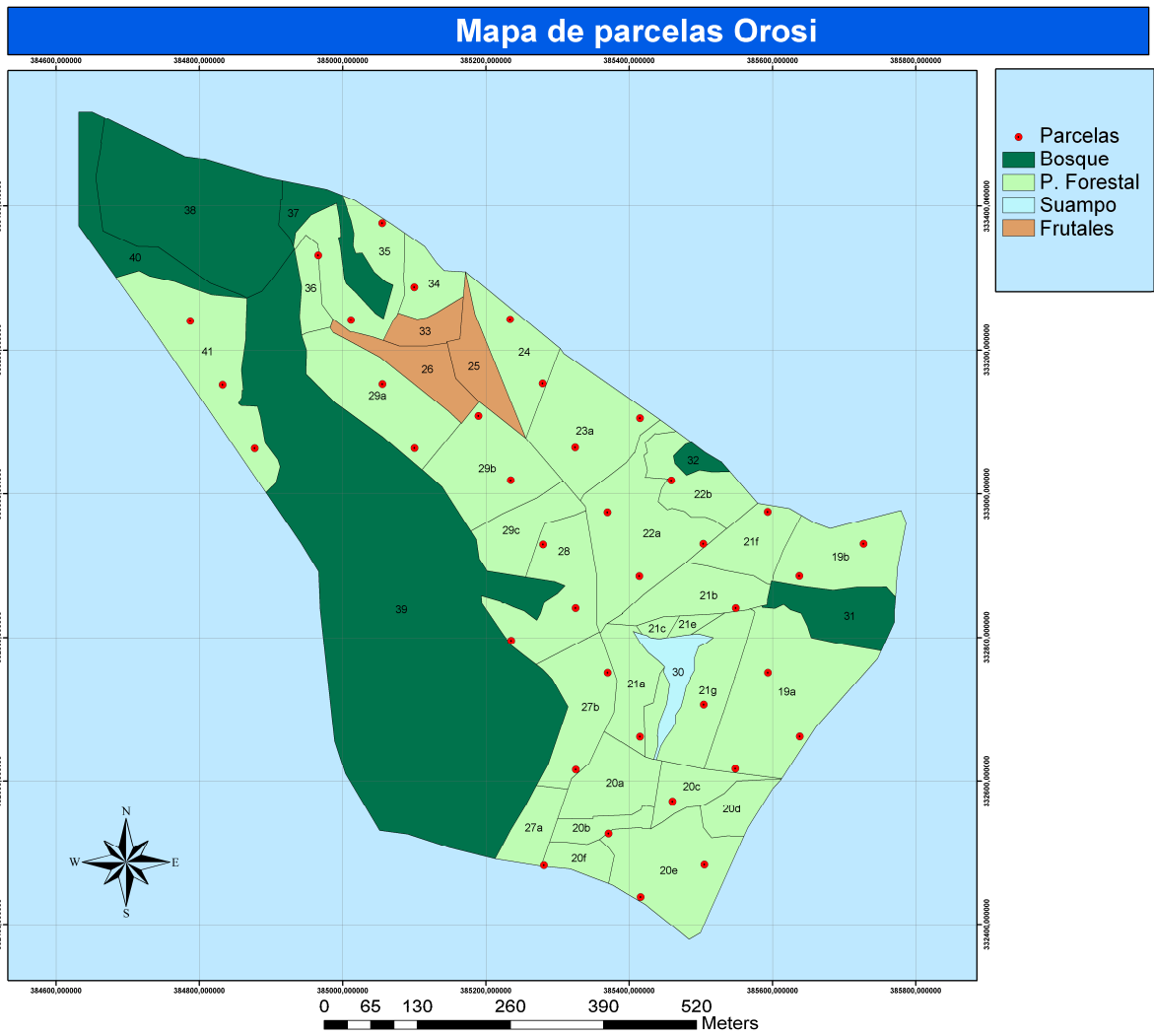


Figura 3. Mapa de uso actual y ubicación de parcelas en la Finca Orosi, proyección Lambert Costa Rica Norte.

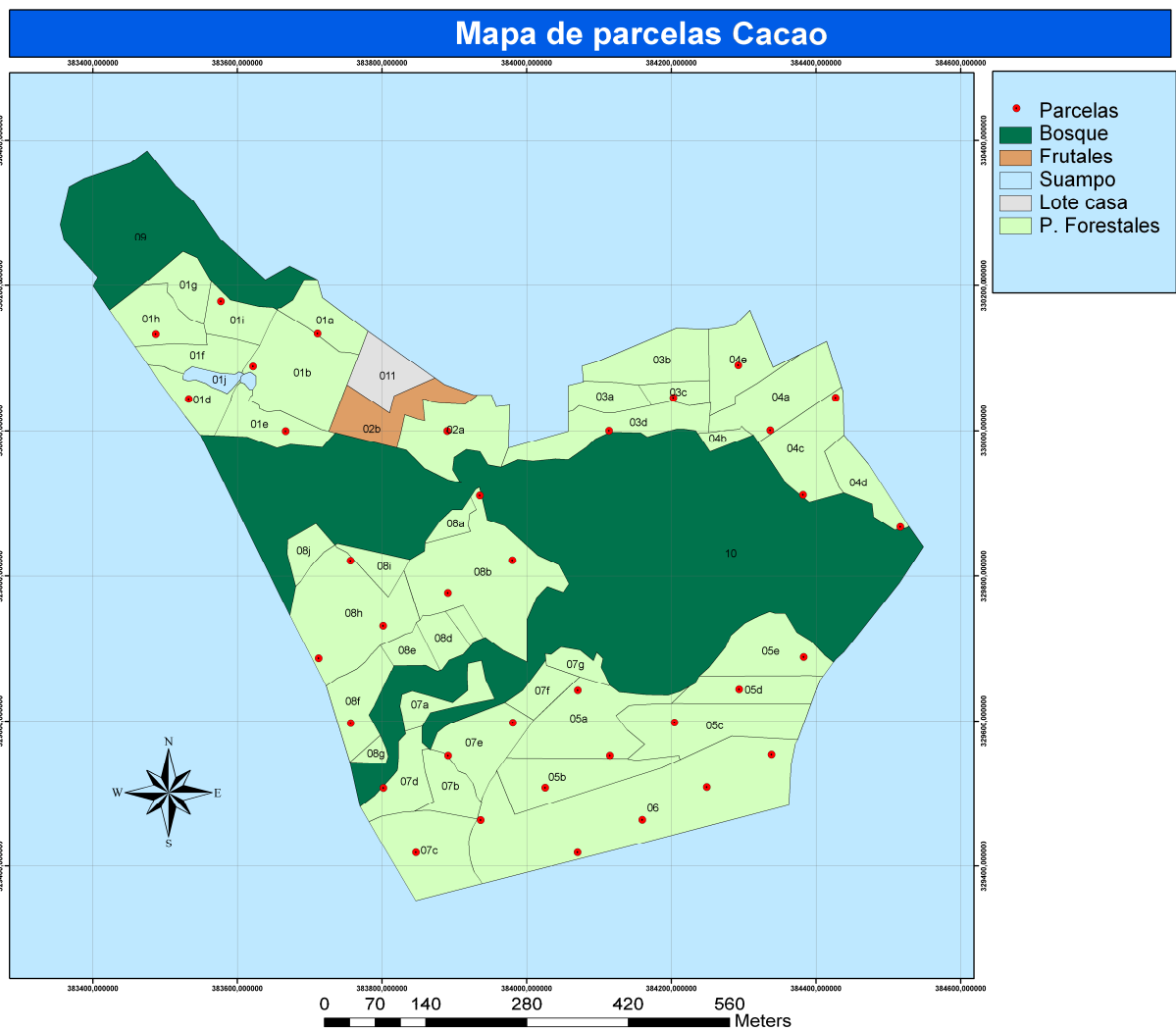


Figura 4. Mapa de uso actual y ubicación de parcelas en la Finca Orosi, proyección Lambert Costa Rica Norte.

Resultados y discusión

Estructura y composición general de las plantaciones mixtas

Distribución diametral

La evaluación general de la plantación muestra un comportamiento de distribución diametral típica de bosques naturales, en “J invertida”, tal como se muestra en la figura 5. Este comportamiento es producido principalmente por los individuos no plantados que presentan ambas fincas, ya que como se observa en el cuadro 3, casi la totalidad de los individuos de las especies plantadas se encuentran agrupados en las clases de tamaño de brinzal y latizal; los individuos en la clase de tamaño de fustal son, en su mayoría, individuos que se establecieron de forma natural o remanentes de especies tales como laurel, botarrama, chanco, corteza amarillo, roble sabana, lagarto, muñeco y aceituno.

Esta estructura, similar a la de un bosque natural, es de gran importancia, sobre todo desde el punto de vista de diversificación de productos y servicios de forma sostenible e integral, y de restauración de los ecosistemas naturales adyacentes.

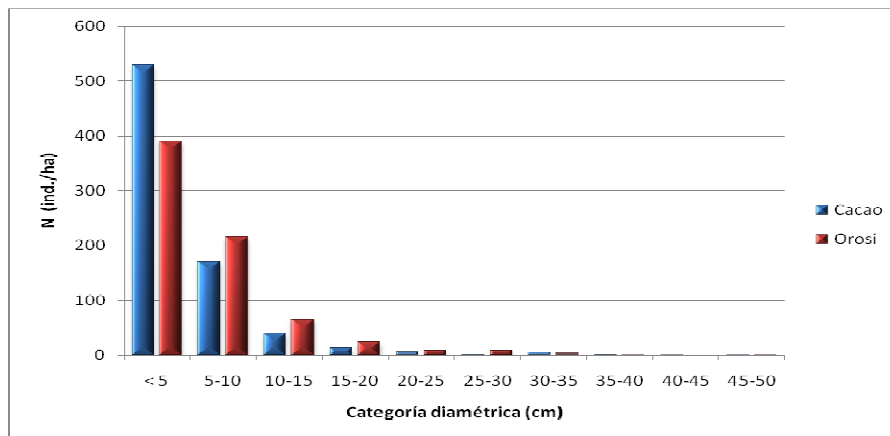


Figura 5. Distribución diametral de la densidad de individuos por hectárea para las plantaciones mixtas de dos fincas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

En la figura 6, se muestra la distribución diametral de los individuos de las especies plantadas y con mayor densidad en las fincas Cacao y Orosi, como se observa, la mayor parte de estos individuos se encuentran entre las categorías de 2 a 10 cm de diámetro, mostrando una tendencia a una distribución de “J invertida” debido a que se tienen individuos plantados en un periodo de 4 años y a las variaciones en tamaño producidas por condiciones de micrositio y calidad del material de plantación, sin embargo, en algunas especies se observa que la distribución tiende a una distribución normal o en forma de “campana”, típico de plantaciones o rodales coetáneos, como es el caso de la teca, el gallinazo y botarrama.

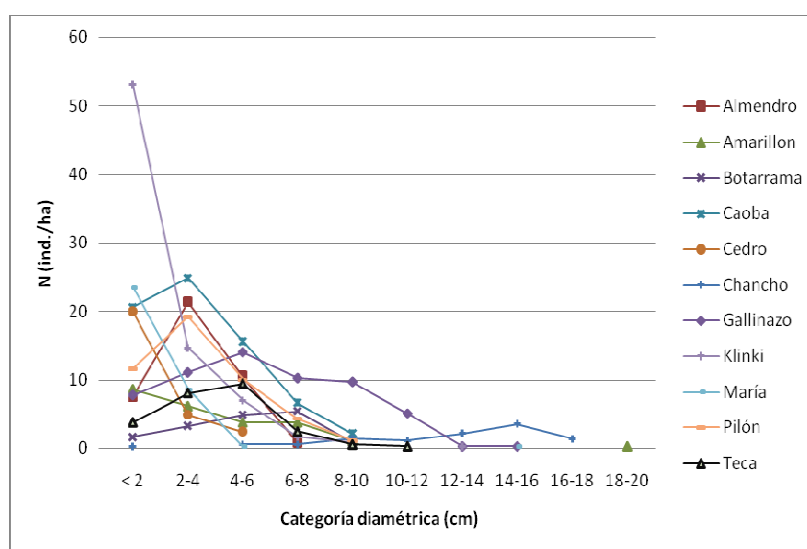


Figura 6. Distribución diametral de la densidad de individuos por hectárea para las especies plantadas con mayor densidad en las dos fincas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Las especies corteza amarilla, roble sabana, lagarto y aceituno, muestran un gran potencial para la reforestación en la zona, sobretodo manejando y promoviendo su establecimiento natural, mediante una adecuada preparación del terreno en sincronía con la época de fructificación y producción de semilla; esto también es recomendable para el botarrama y el chancho, en los cuales se observa abundante regeneración en las fincas. Estas especies representan un 40% de los brinzales en la finca Cacao y un 8% en la finca Orosi.

El cuadro 3, resume la distribución por clase de tamaño de las especies no plantadas y plantadas de las dos fincas. La mayor parte de la densidad se encuentra en la clase de tamaño de latizal, esto tanto para especies plantadas como para las no plantadas, en las dos fincas en que se realizó el estudio, lo cual, podría indicar un enfoque del manejo silvicultural hacia este grupo, procurando desarrollar rodales más uniformes, conservando los individuos de especies valiosas en las otras clases de tamaño.

Cuadro 3. Densidad por clase de tamaño de las especies en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Clasificación	Fustal	Latizal	Brinzal	Total
Cacao	No plantado	46	161	48	255
	Plantado	22	370	120	512
	Total	68	531	168	767
Orosi	No plantado	100	198	8	306
	Plantado	12	309	91	411
	Total	112	507	98	717
Promedio		90	519	132	741

En general, en ambas fincas se presenta una gran variación diamétrica, como se muestra en el cuadro 4, los coeficientes de variación para las clases de tamaño fustal y latizal de ambas fincas son bastante elevados, el menor valor lo presenta la clase fustal en la finca Cacao con un coeficiente de 0.399 y el mayor lo presenta la finca Orosi en la clase de tamaño de latizal con un coeficiente de 0.574; sin embargo, ambas fincas en forma comparativa son muy similares, ya que el coeficiente de variación en diámetro es de 0.053 en los fustales y de 0.107 en los latizales.

Cuadro 4. Diámetro promedio (cm), desviación estándar y coeficiente de variación por clase de tamaño en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Tamaño	Estadístico	Finca Orosi			Finca Cacao			General
		No plantados	Plantados	Promedio	No plantados	Plantados	Promedio	
Fustal	Diámetro	19,06	13,57	17,27	16,55	11,55	16,03	16,49
	Desv. est.	9,52	2,25	8,32	6,54	1,52	6,40	0,88
	Coef. var.	0,50	0,17	0,48	0,40	0,13	0,40	0,05
Latizal	Diámetro	4,69	3,63	3,95	5,94	3,73	4,60	4,28
	Desv. est.	2,37	2,15	2,27	2,16	2,11	2,38	0,46
	Coef. var.	0,50	0,59	0,57	0,36	0,56	0,52	0,11

Estructura vertical

El cuadro 5, muestra la densidad de individuos por hectárea, por categoría de altura; un 74% de los individuos de la finca Cacao y un 79% de los individuos de la finca Orosi se encuentran entre 1,5 y 10.5 m, de estos corresponden respectivamente a individuos plantados un 90% y 57%. La mayor parte de los individuos en la categoría de 0.3-1.5 m (brinzal) corresponden a resiembras y árboles de especies de lento crecimiento; los individuos mayores de 10.5 m son en su mayoría árboles naturales de laurel, muñeco, lagarto y aceituno.

Cuadro 5. Densidad por categoría de altura en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Categoría de altura (m)	Finca Orosi			Finca Cacao			Promedio
	No plantados	Plantados	Total	No plantados	Plantados	Total	
0,3-1,5	120	48	168	91	8	98	132
1,5-3	184	38	222	125	12	137	178
3-4,5	106	54	160	118	40	158	159
4,5-6	62	36	98	49	62	111	105
6-7,5	18	27	44	18	59	77	61
7,5-9	17	14	32	7	43	50	41
9-10,5	5	8	13	3	29	32	23
10,5-12		6	6		9	9	8
12 >	1	22	23	1	43	44	34
Total	512	255	767	411	306	717	741

El coeficiente de variación de la altura de las especies plantadas y naturales, son bastante altos para todas las clases de tamaño de ambas fincas (cuadro 6), ésta heterogeneidad en altura es atribuible, al igual que en la distribución diamétrica, principalmente al hecho de tener individuos de diferentes edades y especies con diferentes ritmos de crecimiento que son afectados por las condiciones del sitio y la calidad del material plantado. Sin embargo, entre las fincas la variación es poca, presentando coeficientes de variación de 0.001 para los fustales, 0.12 para los latizales y de 0.06 para los brinzales.

Cuadro 6. Altura promedio (m), desviación estándar y coeficiente de variación por clase de tamaño en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Tamaño	Estadístico	Finca Orosi			Finca Cacao			General
		No plantados	Plantados	Promedio	No plantados	Plantados	Promedio	
Fustal	Altura	12,42	7,94	10,96	11,29	7,97	10,95	10,95
	Desv. est.	4,60	2,90	3,17	3,08	2,20	2,35	0,01
	Coef. var.	0,37	0,37	0,29	0,27	0,28	0,21	0,001
Latizal	Altura	4,34	3,23	3,57	5,51	3,41	4,23	3,90
	Desv. est.	1,65	1,25	0,79	1,46	0,70	1,49	0,47
	Coef. var.	0,38	0,39	0,22	0,26	0,20	0,35	0,12
Brinzal	Altura	0,90	0,94	0,93	0,80	1,03	1,01	0,97
	Desv. est.	0,13	0,24	0,03	0,36	0,22	0,16	0,06
	Coef. var.	0,14	0,26	0,03	0,45	0,21	0,16	0,06

En general, las plantaciones presentan dos o tres estratos; el estrato bajo, formado por brinzales y especies de lento crecimiento menores a 1.5 m de altura, el estrato medio, formado principalmente por especies de mediano crecimiento, con alturas entre 1.5 y 6 m de altura, y el estrato alto, formado por especies de rápido crecimiento, con alturas entre 6 y 10 m. Existe en algunos lotes, la presencia de un dosel superior formado por árboles naturales adultos, principalmente de laurel, aceituno, lagarto y muñeco.

Composición florística y ecológica

El cuadro 7, detalla la composición ecológica y la abundancia de las especies presentes en las plantaciones en las fincas Cacao y Orosi.

Cuadro 7. Densidad por grupo ecológica y abundancia de las especies de las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Especie	Grupo ecológico	Densidad	Abundancia
Cacao	Almendro	Esciófita parcial	14	1,88
	Amarillón	Heliófita durable	18	2,39
	Botarrama	Heliófita durable	49	6,44
	Caoba	Heliófita durable	102	13,25
	Cedro	Heliófita durable	29	3,84
	Chancho	Heliófita durable	111	14,41
	Gallinazo	Heliófita efímera	56	7,31
	Klinki	Heliófita durable	69	9,05
	Laurel	Heliófita efímera	92	12,02
	María	Heliófita durable	39	5,14
	Pilón	Heliófita durable	67	8,69
	Ronron	Esciófita parcial	11	1,38
	Teca	Heliófita durable	49	6,44
	Otros (24)	-	64	8,40
	Total			767
Orosi	Almendro	Esciófita parcial	65	9,03
	Amarillón	Heliófita durable	29	4,11
	Botarrama	Heliófita durable	40	5,58
	Caoba	Heliófita durable	40	5,58
	Cedro	Heliófita durable	26	3,60
	Chancho	Heliófita durable	17	2,42
	Gallinazo	Heliófita efímera	61	8,52
	Klinki	Heliófita durable	85	11,82
	Lagarto	Heliófita durable	12	1,62
	Laurel	Heliófita efímera	227	31,72
	María	Heliófita durable	26	3,67
	Pilón	Heliófita durable	27	3,74
	Roble sabana	Heliófita durable	20	2,79
	Otros (18)	-	42	5,80
	Total			717
Promedio			741	100,00

Se observa que las plantaciones están compuestas por 37 especies en la finca Cacao y 31 especies en la finca Orosi. En la finca Cacao, las especies heliófitas durables representa un 76% de la densidad de individuos, mientras que en la finca Orosi, representa un 48% de la densidad.

Las especies con mayor abundancia son para la finca Cacao: el botarrama, el caoba, el chanco, el gallinazo, el klinki, el laurel, el pilón y la teca; mientras que para Orosi son: el almendro, el botarrama, el caoba, el gallinazo, el klinki y el laurel.

Evaluación de las plantaciones

Se debe tener en cuenta que la mayoría de los parámetros de evaluación utilizados en estas plantaciones se han desarrollado a partir de masas puras, mientras que el modelo silvicultural que se pretende desarrollar en dichas fincas está inspirado en fomentar una mezcla de especies que respete la condición de heterogeneidad, muy similar a lo que sucede en bosques naturales, para que se facilite el desarrollo de una dinámica ecológica compleja pero sin dejar por fuera el concepto de productividad económica.

A pesar de lo anterior, los resultados obtenidos describen de forma bastante precisa las condiciones y características de estas plantaciones, sin embargo se debe considerar las condiciones de heterogeneidad fomentadas para realizar cualquier otra interpretación diferente de los resultados anotados.

Crecimiento

Las especies se agrupan en forma general en tres ritmos de crecimiento: rápido, medio y lento, y promedian una edad de 3 años. Las especies de crecimiento lento presentan incrementos medios anuales en diámetro menores a 1 cm y en su mayoría corresponden a especies valiosas y del gremio ecológico de esciófitas parciales. Las especies de crecimiento medio muestran incrementos de 1 a 2 cm por año y corresponden a la mayor parte de las especies duras y semiduras del gremio de heliófitas durables. Las especies de crecimiento

rápido presentan incrementos mayores a 2 cm por año y corresponden al resto de las especies semiduras y suaves del grupo de heliófitas durables y heliófitas efímeras (cuadro 8).

En general las plantaciones presentan un incremento medio anual en diámetro de 1.50 cm, en área basal 0.0043 m² y 1.07 m en altura.

El menor crecimiento lo presentan el maría y el jícaro, con incrementos medios anuales en diámetro de 0.4 y 0.5 cm respectivamente, las especies con los mejores crecimientos son la acacia, el chancho y el gallinazo, con 5.61, 3.13 y 3.50 cm por año (Anexo 6). El klinki es una de las especies que se observó con un buen crecimiento (1.32 cm por año), sin embargo, en varios sectores de las fincas, donde presenta alrededor de 1.5 m de altura, hay poco control de maleza, lo que puede estar afectando su crecimiento.

En el amarillón, se presenta un IMA en diámetro 1.35 y 1.45 cm, y en altura de 1.04 y 1.05 m, para las fincas Cacao y Orosi respectivamente; estos valores son comparables a los presentados por las plantaciones de esta especie en lugares con índices de sitio 17 (crecimiento medio), los cuales, según Montero y Kanninen (2005) presentan un IMA promedio en diámetro de 1.6 cm y en altura de 1.3 m, lo cual indica un crecimiento aceptable; sin embargo, en otras especies como el pilón con una edad de 3 años, se tiene un IMA en diámetro de 1.24 cm y en altura de 1.11 m para la finca Cacao, y de 1.36 cm y 0.93 m respectivamente para la finca Orosi, Montero *et al.* (2007) reportan para plantaciones de 2 años, de esta misma especie, un IMA entre 3.45 y 3.85 cm en diámetro y en altura entre 2.7 y 2.95 m, lo cual hace suponer que el crecimiento no es adecuado. En general, se presenta una alta variabilidad en cuanto al crecimiento de cada especie, la plantación presenta un crecimiento aceptable, con un IMA en diámetro de 1.5 cm y en altura de 1.07 m,

Estos crecimientos y la combinación de diferentes especies, permitirán la obtención de productos en forma escalonada en el tiempo, además, por los distanciamientos utilizados y los requerimientos de luz de las especies; en la mayoría de la plantación, se evita realizar un primer raleo (no comercial), lo que reduce los costos y al mismo tiempo permite la obtención de productos de mayor tamaño cuando se realice esta actividad.

Cuadro 8. Incremento medio anual (IMA) del diámetro (D), el área basal (G), la altura (H) por ritmo de crecimiento de las especies en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Variable	Cacao				Orosi				Promedio general
	Lento	Medio	Rápido	Promedio	Lento	Medio	Rápido	Promedio	
IMA D (cm)	1	1,21	2,08	1,45	0,61	1,1	2,86	1,55	1,5
IMA H (m)	0,88	0,89	1,36	1,01	0,72	0,95	1,87	1,14	1,07
IMA G (m ² /ha)	0,0004	0,0061	0,0075	0,0047	0,0001	0,0042	0,0074	0,0039	0,0043

Proyección de crecimiento

El cuadro 9, muestra los datos dasométricos y la densidad por ritmo de crecimiento, con base a estos datos y tomando en cuenta los incrementos que presentan estos grupos, se puede obtener un área basal de entre 15 y 20 m², en un periodo de 7 años, con dimensiones aproximadas de 15 cm en diámetro y 10 m de altura para un primer raleo; sin embargo, en algunos lotes con densidad alta y con combinación de sólo especies de rápido y medio crecimiento, se podrían contar con mayores dimensiones en un periodo de entre 3 y 4 años, como es el caso del lote de klinki con regeneración natural de laurel ó el lote del klinki con gallinazo.

En un período de alrededor de 20 años se pueden obtener individuos de cosecha final, en las especies de medio crecimiento, con dimensiones mayores a 30 cm de diámetro y 21 m de altura.

Cuadro 9. Densidad, Diámetro promedio, altura total promedio y área basal por ritmo de crecimiento para los individuos de las plantaciones mixtas, en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Variable	Cacao				Orosi				Promedio
	Lento	Medio	Rápido	General	Lento	Medio	Rápido	General	
Densidad (N/ha)	37	369	361	767	28	332	357	717	741
Diámetro (cm)	4,47	4,24	6,75	5,50	5,25	4,08	8,67	6,66	6,11
Altura (m)	3,70	3,54	5,28	4,42	4,08	3,80	6,73	5,43	4,95
Área basal (m ² /ha)	0,165	0,93	1,74	2,835	0,142	0,647	2,881	3,67	3,252

Área neta plantada

El área destinada para plantaciones forestales es de 34.9 ha en la Finca Orosi y 31.6 ha en la Finca Cacao. Se encontró un distanciamiento promedio de 4.81 x 3.91 m, para un área por árbol de 18.82 m², lo que da como resultado un porcentaje de ocupación de 148.13% en la finca Cacao y un 116.33% en la finca Orosi, valores muy altos comparados con el 80% que se espera en plantaciones puras. El valor de ocupación en estas plantaciones, tiende a ser incrementada por la presencia de forma irregular en el espacio de regeneración natural y una dispersión más o menos regular de los individuos muertos. Según los criterios de calificación de Murillo y Badilla (2004) las plantaciones presentan excelentes valores en cuanto al porcentaje de ocupación.

Mantenimiento

El control de maleza llevado a cabo es sobre todo manual, según los patrones de control de malezas expuestos por Rojas (2001), se realiza en las fajas internas, dejando de esta forma una barrera de maleza que puede contribuir al control de plagas y a estimular el crecimiento vertical. Por otra parte se realiza un control químico aplicando Glifosato (100 cc por bomba de espalda para riego) para pastos y Paraquat (100 cc por bomba) para hoja ancha.

Se observó que los periodos de chapea son muy espaciados con respecto al crecimiento que presenta la maleza en la región, por lo que algunos lotes presentan condiciones de mantenimiento deficiente. Esto se refleja en el índice de calidad del mantenimiento, que obtuvo un valor de 2.75 en la finca Cacao y un 2.66 en la finca Orosi, siendo el promedio para ambas de 2.70; en la escala calificación (del 1 al 3), estos valores se consideran como no aceptables.

Evaluación y descripción del manejo silvicultural

El manejo realizado en las plantaciones mixtas evaluadas, es sencillo y similar al de plantaciones monoespecíficas, con la diferencia que se integra el manejo de la regeneración y de individuos naturales existentes con el manejo de las especies plantadas.

En general, las plantaciones evaluadas muestran un estado silvicultural bueno o aceptable, con respecto a las variables evaluadas.

Las fincas presentan 767 árboles por hectárea, con un coeficiente de variación del 5.51% en la finca Cacao y 717 árboles por hectárea, con un coeficiente de variación del 4.84% en la finca Orosi; según los criterios de Murillo y Badilla (2004) las plantaciones son excelentes con respecto a ésta variable.

Control de plagas y enfermedades

Las inspecciones de campo son realizadas por los trabajadores periódicamente en cada sector de la finca, siguiendo el orden del control de maleza.

Hay una incidencia del 38.4%, a una altura promedio de 2.2 m, de *Hypsipyla grandella* en los individuos de cedro y caoba (figura 7), lo cual, es relativamente alta, pero tolerable, considerando que éstas especies, presentan una alta densidad dentro de las plantaciones y que prácticamente se obtiene una troza en los individuos afectados. La mayor parte de los individuos de éstas especies han sido afectados anteriormente, sin embargo presentan una buena recuperación y forma.

El control de la *Hypsipyla grandella* se lleva a cabo en dos fases: una manual y otra química; la manual consiste en la poda o eliminación de la parte dañada y el posterior manejo de los rebrotes, con el fin de mantener un eje vertical. La química consiste, en la aplicación de 15 cc de Spintor o Rimon (larvicidas), además de 15 cc de Decis (insecticida) por bomba.



Figura 7. Daño por ataque de *Hypsipyla grandella* en caoba (*Swietenia macrophylla*) en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007

Para las zompopas (*Atta* sp.) se utiliza aproximadamente 1 kg de Ormitox por metro cuadrado de hormiguero.

Se aplica un nematicida, 5 g por árbol cada 60 días por 6 meses, para desinfectar el sitio de jogotos y termitas; además de que actúa como un repelente de hormigas y por su contenido de fósforo, actúa como un estimulante de crecimiento radical.

Con respecto al estado fitosanitario global, se presenta un excelente índice, las especies con mayores problemas son el caoba, por el ataque de la *Hypsipyla grandella*, y el laurel, en la cual se observó bastante cantidad de individuos afectados con el muérdago del laurel (*Phoradendron* sp.). En general, de una categoría del 1 al 3 (donde 1 es lo mejor), las plantaciones obtuvieron en promedio índices de estado fitosanitario de 1.2 en la finca Cacao y de 1.09 en la finca Orosi, lo que las califica como excelentes.

Fertilización

Se realiza una la aplicación de fertilizante (alto en fósforo) durante la siembra, para promover el crecimiento inicial; posteriormente se lleva a cabo una aplicación sistemática de fertilizante foliar (60 cc de Metalozat ó 120 cc de NPK) junto con el control químico de la *Hypsipyla grandella*, para recuperar follaje y evitarla pérdida de crecimiento, de los individuos podados a causa del control de dicha plaga.

Podas

Las podas realizadas son de dos tipos: sanitarias y de formación, ya que las plantaciones no han llegado al cierre de copas. Las podas sanitarias se realizan principalmente en cedro, caoba y caobilla, las podas de formación se realizan de forma más general, ya que por los espaciamientos utilizados, muchas de las especies tienden a bifurcar; por otra parte, se realiza para facilitar el mantenimiento. Se presenta en promedio un 47.6% de los individuos podados para ambas plantaciones.

En la finca Cacao se encontró un 43.0% de los individuos podados, con un índice de calidad de poda de 1.2, en la finca Orosi un 52.3% con un índice de calidad de poda de 1; los éstos presentan en promedio 1 troza podada por árbol en las dos fincas, lo cual califica la poda como excelente.

Regeneración natural

El manejo realizado a la regeneración natural ha sido básicamente de establecimiento dentro de la plantación mediante aclareos y selección, buscando un distanciamiento entre estos individuos y con los individuos plantados de 3 m. También, se han tomado plántulas de regeneración natural principalmente de chanco (*Vochysia guatemalensis*) y botarrama (*Vochysia ferruginea*), para el establecimiento de algunos bloques de la plantación o para el replante.

Bifurcaciones

Las bifurcaciones se presentan en menos del 25% de los individuos de las plantaciones y en promedio a una altura superior de 2.5 m, lo cual deja la primera troza de una buena calidad; este defecto se concentra en especies como caoba, laurel, ronrón, guapinol, roble sabana, corteza amarilla, que tienden a bifurcar por comportamiento natural al crecer en espacios abiertos, y por efecto del ataque de una plaga, en el caso del caoba y el cedro.

Mortalidad

La mortalidad presentada en individuos plantados es relativamente alta, pero aceptable (un 19.57% en la finca Cacao, un 23.21% en la finca Orosi), ya que los individuos perdidos, son repuestos en su mayoría por la regeneración natural. Es importante señalar que estos valores elevados son principalmente causados por dos sectores de las plantaciones, que presentan muy pocos registros, debido a la mortalidad provocada por la falta de control de malezas y a la inadecuada ejecución de la misma, por parte de nuevos trabajadores.

Trozas

En promedio los árboles tienen dos trozas, lo que significa alrededor de 1534 trozas por hectárea en la finca Cacao y 1434 trozas por hectárea en la finca Orosi. Las trozas de calidad 1 y 2 representan el 13.94 % de las trozas en la finca Cacao y 26.85% de la trozas de la finca

Orosi. Las especies que presentan el mayor número de trozas son las no plantadas y en el caso de las plantadas son el almendro, klinki, gallinazo, caoba y chanco.

Calidad general

El índice de calidad en las plantaciones es de 1.58 y 1.74 para la finca Cacao y la finca Orosi respectivamente, lo cual es excelente en una escala del 1 al 4.

El siguiente cuadro muestra el resumen de las variables e indicadores evaluados.

Cuadro 10. Resumen de variables e índices evaluados en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Variable	Finca Cacao	Finca Orosi	Promedio
Densidad (N/ha)	767	717	741
Diámetro (cm)	5,50	6,66	6,11
Altura (m)	4,42	5,43	4,95
Área basal (m ² /ha)	2.34	3.67	3.25
IMA diámetro (cm/año)	1,45	1,55	1,50
IMA altura (m/año)	1,01	1,14	1,07
Área de ocupación de sitio (%)	148	116	132
Índice de mantenimiento (siendo 1 lo mejor y 3 lo peor)	2,75	2,66	2,70
Índice de estado fitosanitario (siendo 1 lo mejor y 3 lo peor)	1,40	1,30	1,40
Incidencia de <i>Hypsipyla grandella</i> (%)	37,29	39,60	38,40
Árboles podados (%)	47.60	52.30	49.95
Árboles bifurcados (%)	23.30	24.74	24.02
Mortalidad (%)	19,57	23,21	21,44
Trozas/ha	1534	1434	1485
Trozas calidad 1 y 2 (%)	13,94	26,85	21,03
Calidad general (siendo 1 lo mejor y 4 lo peor)	1,58	1,74	1,66

Análisis por mezcla de gremios

Las plantaciones presentan diferentes proporciones de mezclas, combinando más de dos especies, sin embargo, al clasificar las especies por gremios ecológicos se presentan cuatro tipos de mezclas.

Mezcla 1: Microrodales puros y mezcla de especies heliófitas durables

Buscan la formación de bloques de plantaciones con un sólo estrato, mediante el monocultivo y el cultivo de especies con características similares, en estos se encontró 795 árboles por hectárea, una mortalidad del 23.31%, un índice de calidad de 1.65 y una edad promedio de tres años.

En el cuadro 11, se observa las combinaciones de especies utilizadas en estas mezclas. El índice integrado de calidad suma, los índices de calidad y estado fitosanitario más los valores puntuales de mortalidad y de árboles bifurcados, y los divide entre dos para dejarlos en una escala del 1 al 5.

Según los valores del índice integrado de calidad y los crecimientos promedios de las especies en la combinación, las mejores son los microrodales puros, excepto los rodales de maría, y las combinaciones de caoba-klinki-pilón, cedro-caoba-amarillón-pilón-almendro, chanco-teca, chanco-caoba, caoba-cedro-amarillón-pilón y maría-caoba.

Cuadro 11. Indicadores de calidad en las combinaciones de especies para los microrodales puros y mezcla de especies heliófitas durables en las plantaciones mixtas, Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

ESPECIES COMBINADAS	IMA Diámetro (cm/año)	IMA altura (m/año)	Índice integrado de calidad (siendo 1 lo mejor y 5 lo peor)
Klinki	1,81	0,75	1,32
Caoba, pilón, klinki	1,09	0,69	1,38
Klinki, maría	0,33	0,56	1,38
Botarrama	1,64	1,11	1,45
Pilón	1,89	1,61	1,46
Cedro, caoba, amarillón, pilón, almendro	1,57	1,37	1,51
Almendro	0,80	0,81	1,52
Chancho, teca	2,38	0,97	1,54
Amarillón, maría, caoba	0,88	0,76	1,67
Teca, botarrama	-	0,17	1,68
María, amarillón	0,57	0,55	1,70
Chancho, caoba	1,01	0,77	1,75
Caoba, cedro, amarillón, pilón	1,58	1,27	1,77
María, caoba	1,38	1,39	1,80
Caoba, amarillón, pilón	0,64	0,72	1,84
María	0,56	0,77	1,91
Gallinazo	-	0,39	1,95
PROMEDIO	1,17	0,86	1,64

Mezcla 2: Especies heliófitas durables con esciófitas parciales

Se encontraron en proporciones de 33/66, 50/50, 55/45, 75/25 y 90/10 respectivamente; esta combinación pretende establecer condiciones para el desarrollo de especies de lento crecimiento; presentan una densidad de 673 árboles por hectárea, una mortalidad del 13.72%, un índice de calidad de 1.85 y una edad promedio de tres años.

Como muestra el cuadro 12, las mejores combinaciones, tomando en cuenta el índice integrado de calidad y los incrementos en diámetro y en altura, son caoba-klinki-guachipelín-guapinol, cedro-espavel-amarillón-jícara y teca-caoba-almendro-especies lentas. Entre las especies lentas, para las cuales se quiere mejoras las condiciones con estas combinaciones, se encuentran el ronron, el cocobolo y el jícara.

Cuadro 12. Indicadores de calidad en las combinaciones de especies para la mezcla de especies heliófitas durables con esciófitas parciales en las plantaciones mixtas, Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

ESPECIES COMBINADAS	IMA Diámetro (cm/año)	IMA altura (m/año)	Índice integrado de calidad (siendo 1 lo mejor y 5 lo peor)
María, ronron	0,20	0,25	1,46
Caoba, klinki, guachipelín, guapinol	1,01	0,84	1,69
Cedro, espavel, amarillón, jícara	1,03	1,00	1,72
Teca, caoba, almendro, especies lentas	1,29	0,94	1,77
María, pilón, amarillón, guapinol	0,71	0,75	1,82
Teca, caoba, especies lentas	1,00	0,79	1,87
Caoba, cedro, teca, cocobolo	1,29	1,10	1,88
Cedro, guapinol, ronron	0,68	0,66	1,93
PROMEDIO	0,90	0,79	1,77

Mezcla 3: Especies heliófitas efímeras con heliófitas durables

Se encontraron principalmente en proporciones de 25/75, 40/60 y 50/50, se combinó principalmente gallinazo con klinki o caoba y cedro; tienen una densidad de 800 árboles por hectárea, una mortalidad del 23.46%, un índice de calidad de 1.60 y una edad promedio de tres años.

En este caso se busca establecer condiciones para que en el primer raleo se extraiga productos comerciales de la especie pionera de una forma selectiva, sin que exista una competencia significativa con la especie de mayor turno.

En este caso las mejores combinaciones son gallinazo-acacia-klinki, gallinazo-klinki, gallinazo-caoba-cedro-pilón y gallinazo-caoba-guachipelín; la primera combinación es la que presenta los mayores valores de incrementos en diámetro y en altura.

Cuadro 13. Indicadores de calidad en las combinaciones de especies para la mezcla de especies heliófitas efímeras con heliófitas durables en las plantaciones mixtas, Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

ESPECIES COMBINADAS	IMA Diámetro (cm/año)	IMA altura (m/año)	Índice integrado de calidad (siendo 1 lo mejor y 5 lo peor)
Gallinazo, acacia, klinki	2,36	1,90	1,29
Gallinazo, klinki	2,31	1,59	1,37
Gallinazo, botarrama, almendro	1,39	1,33	1,45
Gallinazo, caoba, cedro	2,15	1,22	1,48
Gallinazo, caoba, cedro, pilón	2,22	1,59	1,63
Gallinazo, caoba, cedro, chirraca	0,81	0,53	1,84
Gallinazo, caoba, guachipelín	1,52	1,20	1,95
PROMEDIO	1,90	1,35	1,57

Mezcla 4: Especies heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales

Mezclas de especies heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas parciales, se combinaron principalmente en proporciones de 50/25/25, y 33/33/33; presentan una densidad de 696 árboles por hectárea, una mortalidad del 26.77%, un índice de calidad de 1.72 y una edad promedio de tres años.

En estas mezclas se presentan incrementos en diámetro y en altura un poco menor que en la mezcla anterior; las combinaciones con mejores valores en esta mezcla son gallinazo-caobaronron, gallinazo-caoba-cedro-ronron y gallinazo-caoba-ojoche.

Pretende el establecimiento de tres estratos en la estructura vertical, mejorar las condiciones de crecimiento de especies de lento crecimiento, tales como, ronron y cocobolo; además de permitir la obtención de raleos con productos comerciales en forma selectiva y escalonada en el tiempo, de acuerdo a los ritmos de crecimiento de las especies combinadas.

Cuadro 14. Indicadores de calidad en las combinaciones de especies para la mezcla de especies heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales en las plantaciones mixtas, Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

ESPECIES COMBINADAS	IMA Diámetro (cm/año)	IMA altura (m/año)	Índice integrado de calidad (siendo 1 lo mejor y 5 lo peor)
Gallinazo, caoba, cedro, guapinol	1,10	0,89	1,48
Gallinazo, klinki, caoba, cedro, cristóbal	1,03	1,10	1,50
Gallinazo, caoba, ronron	2,32	1,70	1,52
Gallinazo, caoba, cedro, ronron	2,23	1,07	1,72
Gallinazo, caoba, cedro, pilón, júcaro	0,93	0,88	1,77
Gallinazo, caoba, ojoche	1,83	1,42	1,81
Gallinazo, caoba, especies lentas	1,42	1,20	1,92
PROMEDIO	1,55	1,18	1,68

Comportamiento general

Los incrementos por edad, varían independientemente de las mezclas de gremios, esto debido a que en la mayor parte de las mezclas presentan un reducido nivel de competencia, por la baja densidad de siembra y las edades de las especies plantadas (cuadro 16).

El efecto de las mezclas sobre el crecimiento no está bien definido, sin embargo, se muestran indicios a ser mejores los incrementos tanto en diámetro como en altura en las mezclas de especies heliófita efímera-heliófita durable y heliófita efímera-heliófita durable-esciófita parcial, posiblemente porque presentan una mayor proporción en la mezcla de especies de rápido y medio crecimiento.

Cuadro 15. Análisis del incremento medio anual (IMA) en diámetro (D) y en altura (H) por combinación de gremios ecológicos y edades en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

MEZCLA	Edad (años)	IMA D (cm/año)	IMA H (m/año)
Microrodales puros y mezclas de heliófitas durables	2	1,96	1,10
	3	1,11	0,89
	4	2,87	1,68
	promedio	1,38	0,99
Heliófitas durables con esciófitas parciales	2	1,05	0,91
	3	1,01	0,69
	4	1,06	0,88
	promedio	1,04	0,82
Heliófitas efímeras con heliófitas durables	1	2,13	1,55
	2	2,87	1,92
	3	1,15	0,98
	promedio	2,04	1,45
Heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales	2	2,08	1,45
	3	1,03	0,79
	4	1,27	1,09
	promedio	1,53	1,13
PROMEDIO GENERAL		1,50	1,10

Los indicadores para evaluar el estado silvicultural no muestran un comportamiento marcado con respecto al tipo de mezcla de gremios ecológico, sin embargo, por el índice de calidad general y calidad integrada, el porcentaje de árboles bifurcados y el índice de estado fitosanitario, las mezclas de heliófitas durables y heliófitas efímeras-heliófitas durables, son las que presentan el mejor estado silvicultural.

Cuadro 16. Resumen de variables e índices evaluados en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

VARIABLES	Microrodales puros y mezclas de heliófitas durables	Heliófitas durables con esciófitas parciales	Heliófitas efímeras con heliófitas durables	Heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales	PROMEDIO
Densidad (N/ha)	795	673	800	696	741
Diámetro (cm)	6,40	4,93	6,22	6,29	6,11
Altura (m)	5,168	4,331	4,840	5,169	4,949
Área basal (m ² /ha)	4,72	2,17	3,77	3,24	3,47
IMA diámetro (cm/año)	1,38	1,04	2,04	1,53	1,50
IMA altura (m/año)	0,99	0,82	1,45	1,13	1,10
Área de ocupación de sitio (%)	135,89	124,12	128,44	133,60	131,80
Índice de mantenimiento (siendo 1 lo mejor y 3 lo peor)	2,72	2,67	2,56	3,00	2,72
Índice de estado fitosanitario (siendo 1 lo mejor y 3 lo peor)	1,19	1,25	1,08	1,10	1,14
Incidencia de <i>Hypsipyla grandella</i> (%)	47,13	54,01	24,93	30,73	39,20
Árboles podados (%)	51,55	54,76	60,59	57,41	55,34
Árboles bifurcados (%)	21,18	30,12	23,71	26,24	24,00
Mortalidad (%)	23,31	13,72	23,46	26,77	21,44
Trozas/ha	1590	1347	1599	1392	1482
Trozas calidad 1 y 2 (%)	26,72	8,79	19,40	7,39	19,51
Índice calidad (siendo 1 lo mejor y 4 lo peor)	1,65	1,85	1,60	1,72	1,66
Índice de calidad integrado (siendo 1 lo mejor y 5 lo peor)	1,64	1,77	1,57	1,68	1,66

Algunas de las mezclas que mejor estado y comportamiento muestran son las de klinki-gallinazo (50/50), caoba-cedro-gallinazo (25/25/50), caoba y cedro-pilón-amarillón-almendro (25/25/25/25).

La teca en las mezclas, es la especie que presenta el peor estado, sin embargo, esta condición puede deberse a al manejo de malezas, al drenaje del sitio y a que la teca requiere de un manejo más intensivo.

Otras especies muestran un comportamiento prometedor como el guachipelín, ronron, guapinol y júcaro, en los cuales se requiere de más tiempo y evaluaciones para determinar la factibilidad de estas especies en plantaciones mixtas.

En general para definir las mezclas exitosas, se requiere de más evaluaciones, es probable que se puedan obtener varias mezclas que se adecuen a las distintas condiciones edafológicas y climáticas de micrositio dentro de la finca (lugares con nivel freático alto e inundables, laderas y altos de lomas) y generar un mosaico de plantaciones diversa y a la vez más productiva.

Conclusiones

El manejo realizado en las plantaciones mixtas es sencillo, y combina el manejo de fustales y latizales maderables existentes antes del establecimiento de la plantación, así como de todos los brinzales maderables, producto de la regeneración natural de especies de la zona.

La estructura y composición de las plantaciones mixtas, tiende a imitar la de un bosque natural, lo cual es importante desde el punto de vista ecológico y de la perspectiva de diversificación y producción integral y sostenible de bienes y servicios.

El crecimiento y el estado silvicultural mostrado por las plantaciones en general son buenos; presentan incrementos en diámetro y en altura intermedios, y la mayoría de los indicadores de evaluación silvicultural, presentan valores buenos o excelentes.

La interpretación de la mayoría de los índices propuestos en la metodología de Murillo y Badilla (2004), concuerdan con lo observado en el campo; sin embargo en lo referente al índice de mantenimiento, su interpretación debe realizarse en concordancia con aspectos económicos, y en el caso de la malezas y otras especies arbóreas y arbustivas (que se consideren de interés) se debe contemplar su funcionalidad en la dinámica del ecosistema (protección de especies valiosas, protección del suelo, atracción de fauna y usos alternativos).

Actualmente, por las condiciones de edad y el nivel reducido de competencia que presentan las plantaciones, no es posible descartar ninguna mezcla; lo cual se complica al involucrar aspectos tanto silviculturales, como ecológicos y económicos.

Las mejores mezclas son las de klinki-gallinazo (50/50), caoba-cedro-gallinazo (25/25/50) y caoba y cedro-pilón-amarillón-almendro (25/25/25/25). En general, las especies que mejor resultados han dado son gallinazo, almendro, amarillón, pilón, chanco, klinki y botarrama.

Recomendaciones

El manejo se debe enfocar primordialmente hacia el botarrama, chancho, pilón, amarillón, klinki, caoba y gallinazo, para mejorar el rendimiento de las plantaciones y las condiciones para el desarrollo de especies de más lento crecimiento.

En especies como cristóbal, cocobolo, ronrón, guapinol y cenízaro, se debe dar seguimiento y mantenimiento mientras se determina su comportamiento en plantaciones.

Es recomendable realizar evaluaciones periódicas, por lo menos cada dos años, para definir el manejo en plantaciones forestales mixtas, las mezclas y especies exitosas; y generar mayor información sobre el comportamiento de las especies en estas condiciones.

Las plantaciones no presentan condiciones para realizar intervenciones silviculturales fuertes (raleos); estas deben realizarse en función de evaluaciones posteriores.

Es necesario que se realice un control de malezas más regular en las plantaciones, por lo menos hasta el cierre del dosel.

Las mezclas a realizar en resiembras o en futuras plantaciones, deben considerar un equilibrio en la proporción de especies según su gremio ecológico. Según los resultados, las proporciones más recomendables son: 50/25/25 y 33/33/33, de especies heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas parciales respectivamente.

Además, en un mismo gremio se puede combinar más de dos especies con características similares como en el caso de caoba y cedro en el gremio de heliófitas durables.

Referencias bibliográficas

- Alice, F. Montagnini, F. Montero, M. 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en La Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica (en línea). Revista digital Agronomía Costarricense (28)2:61-71.2004. Consultado el 3 de julio del 2007. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_061.pdf
- Aus der Berk, R. Sáenz, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca; Serie Técnica, Informe Técnico N° 200. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 50 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central; Serie Técnica, Manual Técnico N°50. L Orozco, C Brumér. Turrialba, Costa Rica. 264 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR), Oxford Forestry Institute (Oxford, RU). 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica. 1079 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1992. Plantaciones mixtas y puras en las zonas tropicales y subtropicales; Documento Forestal FAO N° 103. Roma, IT. 152 p.
- Hidalgo, C. 1994. Evaluación del crecimiento y calidad de las plantaciones forestales de Lachner & Sáenz en la Fortuna de Moravia, Tayutic, Turrialba. Informe de práctica de especialidad. Cartago, CR, Instituto tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 67p.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2004. Atlas digital de Costa Rica (disco compacto). Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, CR.

- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Trad. A Carrillo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Berlín, Alemania. 335 p.
- Montagnini, F. 2006. ¿Pueden las plantaciones mixtas actuar como catalizadores de la sucesión secundaria? (en línea). Consultado el 3 de julio del 2007. Disponible en: <http://www.itcr.ac.cr/revistaKuru/pdf/Actualidad3.pdf>
- Montero, M. Kanninen, M. 2005. *Terminalia amazonia*: ecología y silvicultura; Serie Técnica, Informe Técnico N°339. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, CR. 34 p.
- Montero, M. De los Santos, H. Kanninen, M. 2007. *Hyeronima alchorneoides*: ecología y silvicultura en Costa Rica; Serie Técnica, Informe técnico N°354. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, CR. 34 p.
- Mora, F. Chinchilla, O. 2002. La reforestación con especies nativas en Costa Rica: situación actual y perspectivas futuras. *In* INISEFOR. Taller Seminario especies forestales nativas (2002, Heredia). Memorias. Heredia, CR. p 19-22.
- Mora, G. 1994. Establecimiento y medición de parcelas permanentes y temporales para crecimiento y determinación de la calidad en las plantaciones forestales creadas con incentivos (CAF, FDF), en la región de trabajo de FUNDECOR, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Práctica de especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 78 p.
- Morera, A. 2002. Evaluación ecológica y estructural de la reforestación con especies nativas en conjunto con la regeneración natural, Cañas Guanacaste, Costa Rica. *In* INISEFOR. Taller Seminario especies forestales nativas (2002, Heredia). Memorias. Heredia, CR. p 113-117.
- Muñoz, M. Aedo, D. Castro, C. 2006. Primeros resultados de una plantación mixta de *Castanea sativa* mill. con *Robinia pseudoacacia* L. o con *Quillaja saponaria* Mol.

- Universidad de Talca, Chile. Consultado el 17 de julio de 2007. Disponible en: http://www.infor.cl/areas_investigacion/proyectos_plantaciones.htm
- Murillo, O. Badilla, Y. 2004. Calidad y valoración de plantaciones forestales. Taller de Publicaciones, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, CR. 51p.
- Ortiz, E. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques; Serie de apoyo académico N° 16. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, CR. 78 p.
- Ortiz, E. 1994. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales; Serie de apoyo académico N° 10. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, CR. 71 p.
- Palacios, E. 1998. Evaluación de diferentes formas y tamaños de parcelas de muestreo para inventarios, en plantaciones de *Cupressus lusitanica* Mill., en Usumatlan, Zacapa y *Gmelina arborea* Roxb., en Los Amantes Izabal. Tesis Lic. Ing. Forestal. Huehuetenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 50 p.
- Rojas, F. 2001. Plantaciones Forestales. 2 ed. EUNED. San José, CR. 260 p.
- Salas, E. Jiménez, M. 2002. Presentación. In INISEFOR. Taller Seminario especies forestales nativas (2002, Heredia). Memorias. Heredia, CR. p 7-8.
- SIREFOR. 2005. Reporte de los precios de la Madera del año 2001. Consultado el 20 de diciembre del 2006. Disponible en <http://www.sirefor.go.cr>
- Trjullo, E. 2007. Guía de reforestación. DAYBERT Diseño e impresión. Bogotá, Colombia. 278 p.
- Wadsworth, F. 2000. Producción forestal para América Tropical; Manual N° 710-S. USADA. Washintong DC, United States. 603 p.

Anexos

Anexo 1. Distribución de la densidad de individuos por categoría diamétrica de las especies de las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Clasificación	Especie	Categoría diamétrica (cm)									Total			
			< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45		45-50		
Cacao	Natural	Botarrama	40	9	1								49		
		Chancho	48	28	11	1	1						88		
		Lagarto	3		1	1			1				6		
		Laurel	36	34	10	4	3	1	2	1	1		92		
		Roble sabana	3	2	1								6		
		Otros (14)	3	2	1	1	2	1	1	2	1	1	13		
		Total	133	76	23	7	6	2	4	2	1	1	255		
	Plantado	Amarillón	13	5		1							18		
		Caoba	82	20									102		
		Cedro	29										29		
		Chancho	1	4	11	6							22		
		Gallinazo	33	23	1								56		
		Klinki	65	4									69		
		María	39	1									39		
		Pilón	53	14									67		
		Teca	34	15	1								49		
		Otros (10)	42	8	4								54		
		Total	395	95	16	6							512		
		Total			528	171	39	13	6	2	4	2	1	1	767
		Orosi	Natural	Aceituno	1	3	1	1	1	1					6
Botarrama	8			1									9		
Chancho	5			9	2	1							17		
Corteza amarillo				2	2								4		
Lagarto	4			4	2	1	1	1					12		
Laurel	45			103	46	19	6	6	3	1			227		
Roble sabana	7			10	1	1		1	1	1			20		
Otros (11)	1			4	2	0	2	1				1	11		
Total	70		136	55	23	9	9	3	1		1	306			
Plantado	Almendro		61	4									65		
	Amarillón		20	9									29		
	Botarrama		15	16									31		
	Caoba		31	9									40		
	Cedro		25	1									26		
	Gallinazo		20	31	10	1							61		
	Klinki		80	4	1								85		
	María		26			1							26		
	Pilón	22	5									27			
	Otros (6)	22										22			
Total	320	79	11	1							411				
Total			390	215	65	24	9	9	3	1		1	717		
Promedio			457	194	52	19	7	6	4	2	1	1	741		

Anexo 2. Densidad por clase de tamaño para las especies naturales y plantadas, en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Clasificación	Especie	Fustal	Latizal	Brinzal	Total	
Cacao	Natural	Botarrama	1	21	28	49	
		Chancho	12	62	14	88	
		Lagarto	3	2	1	6	
		Laurel	22	65	6	92	
		Roble sabana	1	6		6	
		Otros (14)	8	5		13	
		Total	46	161	48	255	
		Plantado	Caoba			73	28
	Cedro				7	22	29
	Chancho		17	5	1	22	
	Gallinazo		1	46	9	56	
	Guayabón		1	14	3	18	
	Klinki				42	27	69
	María				31	9	39
	Pilón				61	6	67
	Teca		1	44	4	49	
	Otros (10)		4	46	11	60	
	Total		22	370	120	512	
	Total		68	531	168	767	
Orosi	Natural	Aceituno	3	3		6	
		Botarrama		3	6	9	
		Chancho	3	14	1	17	
		Corteza amarillo	2	2		4	
		Lagarto	4	7	1	12	
		Laurel	80	147	1	228	
		Roble sabana	3	17		20	
		Otros (11)	5	5		11	
		Total	100	198	8	306	
		Plantado	Almendra			59	5
	Botarrama				30	1	31
	Caoba				38	2	40
	Cedro				16	9	26
	Gallinazo		11	45	5	61	
	Guayabón			24	5	29	
	Klinki		1	43	41	85	
	María		1	22	4	26	
	Pilón			19	8	27	
	Otros (6)			13	9	22	
	Total	12	309	91	411		
Total		112	507	98	717		
Promedio		90	519	132	741		

Anexo 3. Densidad por ritmo de crecimiento de las especies en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Especie	Lento	Medio	Rápido	Total
Cacao	Almendro		14		14
	Botarrama			49	49
	Caoba		102		102
	Cedro		29		29
	Chancho			111	111
	Gallinazo			56	56
	Klinki		69		69
	Laurel			92	92
	María		39		39
	Pilón		67		67
	Ronron	11			11
	Teca			49	49
	Amarillón		18		18
	Otros (23)	27	30	3	59
		Total	37	369	361
Orosi	Almendro		65		65
	Botarrama			40	40
	Caoba		40		40
	Cedro		26		26
	Chancho			17	17
	Gallinazo			61	61
	Klinki		85		85
	Lagarto		12		12
	Laurel			227	227
	María		26		26
	Pilón		27		27
	Roble sabana		20		20
	Amarillón		29		29
	Otros (18)	28	2	12	42
		Total	28	332	357
	Promedio	32	350	359	741

Anexo 4. Distribución de la densidad de individuos por categoría de altura de las especies de las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Clasificación	Especie	Categoría de altura (m)								Total	
			0,3-1,5	1,5-3	3-4,5	4,5-6	6-7,5	7,5-9	9-10,5	10,5-12		12 >
		Botarrama	28	4	13	2	1	1				49
		Chancho	14	19	21	14	11	3	1	1	4	88
		Lagarto	1	1	1	1		1	1		6	
		Laurel	6	11	18	16	13	9	7	3	11	92
		Roble sabana		2	2	2		1			6	
		Otros (14)		1		2	2	1		2	6	13
	Natural	Total	48	38	54	36	27	14	8	6	22	255
		Amarillón	3	6	6	3					1	18
		Caoba	28	41	20	11	1	1	1			102
		Cedro	22	6	2							29
		Chancho	1			2	6	10	4			22
		Gallinazo	9	17	16	9	3	2				56
		Klinki	27	28	11	2	2					69
		María	9	29	2							39
		Pilón	6	22	26	11	1	1				67
		Teca	4	15	12	16	2	1				49
		Otros (10)	11	21	13	8	4	3	1			60
Cacao	Plantado	Total	120	184	106	62	18	17	5		1	512
Total			168	222	160	98	44	32	13	6	23	767
		Aceituno				1	1	1		1	2	6
		Botarrama	6	1	2	1						9
		Chancho	1	1	4	4	6	2	1			17
		Corteza amarillo			1	1	2	1				4
		Lagarto	1		1	1	3	3	1	1	3	12
		Laurel	1	8	23	47	47	34	24	8	35	227
		Roble sabana		1	8	7	1		2		1	20
		Otros (11)	0	1	1	2	0	3	1	1	3	11
	Natural	Total	8	12	40	62	59	43	29	9	43	306
		Almendro	5	16	25	15	3	1				65
		Amarillón	5	9	7	5	3					29
		Botarrama	1	8	18	4						31
		Caoba	2	12	18	7	1					40
		Cedro	9	11	5	1						26
		Gallinazo	5	11	15	12	10	6	2			61
		Klinki	41	27	14	2			1		1	85
		María	4	14	7						1	26
		Pilón	8	8	5	4	2					27
		Otros (6)	9	9	4							22
Orosi	Plantado	Total	91	125	118	49	18	7	3		1	411
Total			98	137	158	111	77	50	32	9	44	717
Promedio			132	178	159	105	61	41	23	8	34	741

Anexo 5. Distribución del área basal por categoría diamétrica de las especies de las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Clasificación	Especie	Categoría diamétrica (cm)									Total		
			< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45		45-50	
Cacao	Natural	Botarrama	0,011	0,027	0,006								0,045	
		Chancho	0,022	0,108	0,122	0,016	0,045						0,314	
		Lagarto	0,001		0,009	0,023		0,097					0,130	
		Laurel	0,022	0,134	0,102	0,101	0,108	0,066	0,180	0,062	0,072		0,847	
		Roble sabana	0,002	0,009	0,009								0,019	
		Otros (14)	0,002	0,009	0,006	0,024	0,065	0,073	0,084	0,188	0,081	0,101	0,633	
		Total	0,061	0,287	0,254	0,164	0,219	0,139	0,362	0,250	0,152	0,101	1,988	
		Plantado	Amarillón	0,041	0,071									0,112
	Caoba		0,003										0,003	
	Cedro		0,001	0,023	0,148	0,113							0,286	
	Chancho		0,023	0,094	0,004								0,122	
	Gallinazo		0,005	0,016		0,015							0,036	
	Klinki		0,017	0,018									0,036	
	María		0,004	0,001									0,005	
	Pilón		0,036	0,042									0,077	
	Teca		0,022	0,027	0,044								0,094	
	Otros (10)		0,027	0,044	0,004								0,076	
	Total		0,181	0,337	0,202	0,128							0,847	
	Total			0,242	0,623	0,456	0,292	0,219	0,139	0,362	0,250	0,152	0,101	2,835
Orosi	Natural	Aceituno	0,000	0,011	0,007	0,023	0,018	0,027					0,086	
		Botarrama	0,002	0,004									0,006	
		Chancho	0,003	0,043	0,020	0,020							0,085	
		Corteza amarillo		0,011	0,022								0,033	
		Lagarto	0,004	0,015	0,025	0,011	0,017	0,026					0,098	
		Laurel	0,046	0,421	0,528	0,476	0,246	0,329	0,209	0,052			2,307	
		Roble sabana	0,007	0,036	0,005	0,015		0,055	0,050	0,057			0,225	
		Otros (11)	0,000	0,019	0,017	0,000	0,076	0,053				0,095	0,260	
		Total	0,063	0,560	0,625	0,544	0,357	0,489	0,259	0,108		0,095	3,100	
		Plantado	Almendro	0,045	0,010									0,055
			Amarillón	0,013	0,055									0,069
	Botarrama		0,025	0,030									0,054	
	Caoba		0,009	0,002									0,011	
	Cedro		0,016	0,127	0,097	0,010							0,250	
	Gallinazo		0,008	0,033									0,041	
	Klinki		0,020	0,011	0,006								0,037	
	María		0,008			0,010							0,018	
	Total	0,156	0,290	0,104	0,020							0,570		
	Total			0,219	0,850	0,728	0,564	0,357	0,489	0,259	0,108		0,095	3,670
Promedio			0,230	0,737	0,592	0,428	0,288	0,314	0,310	0,179	0,076	0,098	3,252	

Anexo 6. Incrementos medios anuales (IMA) para las variables de diámetro (D), altura (H) y área basal (G) y edad promedio (E) para las especies plantadas en las fincas Cacao y Orosi, en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

Finca	Especie	IMA D (cm)	IMA H (m)	IMA G (m²/ha)	E (años)
Cacao	Acacia	5,61	3,68	0,0011	2,0
	Almendro	0,93	0,88	0,0002	4,0
	Amarillón	1,45	1,04	0,0006	3,0
	Caoba	1,20	0,74	0,0017	3,2
	Cedro	0,75	0,37	0,0001	3,0
	Chanco	3,13	1,86	0,0036	4,0
	Cocobolo	0,78	0,49	0,00002	4,0
	Cristóbal	0,78	0,78	0,0001	3,5
	Gallinazo	2,57	1,57	0,0030	2,2
	Gavilán	1,04	1,13	0,0001	4,0
	Guachipelín	1,80	1,84	0,0001	2,0
	Guanacaste	1,23	1,06	0,0001	4,0
	Guapinol	1,38	0,81	0,0001	2,0
	Klinki	1,32	1,03	0,0009	2,0
	María	0,40	0,61	0,0001	3,0
	Pilón	1,24	1,11	0,0013	2,9
	Pochote	0,61	0,57	0,00001	4,0
	Ronron	1,04	0,95	0,0001	2,1
	Teca	1,07	0,90	0,0009	4,0
		Promedio	1,45	1,01	0,0140
Orosi	Almendro	1,08	1,18	0,0009	3,0
	Amarillón	1,35	1,05	0,0007	3,0
	Botarrama	1,67	1,11	0,0011	3,0
	Caoba	1,31	1,12	0,0009	3,0
	Cedro	0,90	0,66	0,0002	3,0
	Cocobolo	0,73	1,38	0,000004	2,0
	Gallinazo	3,50	2,28	0,0063	2,0
	Gavilán	1,10	0,96	0,000005	2,0
	Guapinol	0,37	0,37	0,000004	3,0
	Jícaro	0,50	1,01	0,00001	2,0
	Klinki	0,94	0,76	0,0007	2,5
	María	0,79	0,88	0,0003	3,0
	Pilón	1,36	0,93	0,0005	3,0
	Ronron	0,77	0,89	0,00003	3,0
	Teca		0,17		3,0
	Promedio	1,55	1,14	0,0117	2,7
Promedio general		1,50	1,07	0,0256	2,9

Anexo 7. Análisis de las variables dasométricas, calidad y mortalidad por combinación de gremios ecológicos en las plantaciones mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007.

MEZCLA	ESTADÍSTICO	Densidad (N/ha)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Área basal (m ² /ha)	Índice de calidad (1 a 4)	Mortalidad (%)
Microrodales puros y mezclas de heliófitas durables	Promedio	795	5,07	3,74	4,72	1,58	
	Desv. Estad.	38	0,35	0,50	0,71	0,04	19,80
	% coef. var.	5	6,97	13,50	15,12	2,76	
Heliófitas durables con esciófitas parciales	Promedio	673	4,34	2,70	2,17	1,83	
	Desv. Estad.	236	0,83	1,18	0,48	0,05	16,72
	% coef. var.	35	19,09	43,85	22,15	2,48	
Heliófitas efímeras con heliófitas durables	Promedio	800	5,59	4,49	3,77	1,58	
	Desv. Estad.	189	0,50	0,72	0,64	0,06	23,99
	% coef. var.	24	8,96	15,96	16,97	3,51	
Heliófitas efímeras con heliófitas durables y esciófitas parciales	Promedio	696	5,63	4,54	3,24	1,81	
	Desv. Estad.	218	0,78	1,11	0,82	0,09	26,72
	% coef. var.	31	13,79	24,43	25,19	4,91	
PROMEDIO	Promedio	741	5,16	3,87	3,47	1,70	21,81
	Desv. Estad.	66	0,60	0,86	1,06	0,14	4,43
	% coef. var.	9	11,67	22,24	30,59	8,15	20,30

Anexo 8. Formulario de campo.

Manuel Francisco Torres Ortega
 Proyecto de Graduación, Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste, 2007

() Cacao () Orosi Lote: _____ Sector: _____ Fecha: _____
 Parcela: _____ Dist. Hileras: _____ Dist. Filas: _____ C. M.: _____

Árbol	Especie	DAP	H. T.	H. Bif.	Incl.	D. Mec.	Poda		Est. Fit.		Calidad de Trozas (1-4)			
		(cm)	(m)	(m)	(1 ó 2)	(1 ó 2)	Nº Trozas	Cal. (1-3)	Cal. (1-3)	H ATK	1	2	3	4
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														

Observaciones: _____

